

Українська Федерація Інформатики

Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України

**Вищий навчальний заклад Укоопспілки
«Полтавський університет економіки і торгівлі» (ПУЕТ)**

ІНФОРМАТИКА ТА СИСТЕМНІ НАУКИ (ІСН – 2017)

МАТЕРІАЛИ

**VIII Всеукраїнської науково-практичної
конференції за міжнародною участю**

(м. Полтава, 16–18 березня 2017 року)

За редакцією професора О. О. Ємця

**Полтава
ПУЕТ
2017**

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ**Співголови:**

І. В. Сергієнко, д. ф.-м. н., професор, академік НАН України, генеральний директор Кібернетичного центру НАН України, директор Інституту кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України;

О. О. Нестуля, д. і. н., професор, ректор Вищого навчального закладу Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі».

Члени програмного комітету:

В. К. Задірака, д. ф.-м. н., професор, академік НАН України, завідувач відділу оптимізації чисельних методів Інституту кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України;

О. М. Хіміч, д. ф.-м. н., професор, чл.-кор. НАН України, завідувач відділу чисельних методів та комп'ютерного моделювання Інституту кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України;

Г. П. Донець, д. ф.-м. н., с. н. с., професор, завідувач відділу економічної кібернетики Інституту кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України;

О. О. Ємець, д. ф.-м. н., професор, завідувач кафедри математичного моделювання та соціальної інформатики Вищого навчального закладу Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі»;

В. А. Заславський, д. т. н., професор, професор кафедри математичної інформатики Київського національного університету імені Тараса Шевченка;

О. С. Куценко, д. т. н., професор, завідувач кафедри системного аналізу і управління Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»;

О. М. Литвин, д. ф.-м. н., професор, завідувач кафедри вищої та прикладної математики Української інженерно-педагогічної академії;

П. І. Стецюк, д. ф.-м. н., с. н. с., завідувач відділу методів негладкої оптимізації Інституту кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України;

А. Д. Тевяшев, д. т. н., професор, академік Української нафтогазової академії, завідувач кафедри прикладної математики Харківського національного університету радіоелектроніки;

Т. М. Барболіна, к. ф.-м. н., доцент, завідувач кафедри математичного аналізу та інформатики Полтавського національного педагогічного університету імені В. Г. Короленка.

Інформатика та системні науки (ISN – 2017) : матеріали VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції за міжнародною участю (м. Полтава, 16–18 березня 2017 р.) / за ред. Ємця О. О. – Полтава : ПУЕТ, 2017. – 333 с.

ISBN 978-966-184-272-3

Збірник тез конференції містить сучасну проблематику в таких галузях інформатики та системних наук, як теоретичні основи інформатики та кібернетики, математичне моделювання й обчислювальні методи, математичне та програмне забезпечення обчислювальних машин і систем, системний аналіз і теорія оптимальних рішень. Подано доповіді, що відображають проблеми сучасної підготовки фахівців з інформатики, прикладної математики, системного аналізу та комп'ютерних інформаційних технологій.

Збірник розраховано на фахівців із кібернетики, інформатики та системних наук.

УДК 004+519.7

*Матеріали друкуються в авторській редакції мовами оригіналів.
За виклад, зміст і достовірність матеріалів відповідають автори*

© Вищий навчальний заклад Укоопспілки
«Полтавський університет економіки і торгівлі», 2017

ISBN 978-966-184-272-3

ЗМІСТ

Алиев Т. А., Гулуев Г. А., Пашаев Ф. Г., Рзаев Ас. Г., Ахмедов И. А. Определение интегрального индикатора при применение помехомониторинга	11
Андруховський А. Б., Грабовська Ю. Ю. Автоматизована перевірка практичних завдань в процесі навчання програмування.....	14
Аралова А. А. Чисельна ідентифікація термічного опору для складеного циліндру.....	16
Аралова Н. И. Модификация математической модели системы дыхания для исследование ишемической болезни сердца.....	20
Бабаков Р. М. Синтез микропрограммного автомата с операционным автоматом переходов методом полного перебора	23
Байрамов В. В. Источники акустического воздействия на экологию города Баку	26
Бакуменко Н. С., Абкеримова Р. Р., Угрюмова Е. М. Применение методов кластеризации в задачах распознавания состояния элементов медико-биологической системы.....	29
Банзак Г. В. Моделирования алгоритма томографии тепловыделяющих сборок реактора ВВЭР-1000	32
Банзак О. В. Моделирование аппаратурных спектров CdZnTe-детекторов	35
Бараненко В. О., Волчок Д. Л. Імітаційне та нечітке моделювання в оптимальному проектуванні тонкостінних конструкцій в умовах випадкової і нечіткої інформації про вихідні дані	37
Беляев В. О., Литвин О. М. Математичне моделювання розривних процесів що залежать від двох змінних (трикутні елементи)	40

Бігун Р. Р., Цегелик Г. Г. Чисельний метод пошуку нулів як гладких, так і негладких функцій.....	43
Білоус М. В. Організація роботи з системами лінійних алгебраїчних рівнянь в скінченно-елементному розв'язувачі Nadra-3D.....	46
Гетьман І. А., Васильєва Л. В. Технології проектування інформаційних систем	48
Гой Т. П. Про нові формули для чисел Фібоначчі	51
Голубенко Віталій. Проектування бази даних наукових публікацій кафедри для веб-ресурсу та робота з нею	54
Горбачук В. М., Неботов П. Г., Новодережкін В. І. Питання оптимальності змін середньої заробітної плати і капітальних інвестицій районів Полтавщини у 2015–2016 рр.	57
Грабовська Н. Р., Лисак Ю. В., Торська Р. В. Оцінка точності тривимірної реконструкції поверхні за тріадою її зображень	60
Дадаханов М. Х. Подходы к решению задачи интеллектуального анализа данных на основе искусственных иммунных систем	63
Донець Г. П. Задача пошуку трьох та чотирьох активних куль серед маси подібних	69
Ємець О. О., Барболіна Т. М. Про властивості лінійних безумовних задач стохастичної комбінаторної оптимізації на розміщеннях	79
Ємець О. О., Барболіна Т. М. Стохастичні й детерміновані задачі оптимізації на розміщеннях: моделі, методи алгоритми.....	85
Ємець О. О., Ємець Є. М., Ємець Ол-ра О., Ванжа С. В. Многогранник сполучень з необмеженими повтореннями: симплексна форма.....	92

Ємець О. О., Поляков І. М. Метод гілок та меж в комбінаторній, нечіткій та інтервальній оптимізації: огляд робіт полтавських дослідників	103
Жукова В. М. Використання онлайн-сервісу jsFiddle.net для веб-розробок	115
Задорожній А. В. Створення програмного забезпечення тренажеру за темою «Наближені методи розв’язування СЛАР» з дисципліни «Обчислювальні методи»	118
Заярный А. В., Черныш С. В., Гайденко О. А. Метод синтеза робастных нейросетевых моделей систем и процессов	121
Іваніщев Б. В. Оптимізація методу доступу до даних у розподілених сховищах	123
Калініченко Т. С. Побудова моделі афілійованості	126
Касперська Л. В., Русин Б. П. Моделювання процесу відновлення форми джерела розсіювання для двовимірної випадку	128
Кеда О. О. Тестування кубатурних формул обчислення інтегралів від швидкоосцилюючих функцій двох змінних на класі $H_1^{2,2}(M, \widetilde{M})$	130
Керод Т. І., Косаревич Р. Я., Русин Б. П. Сегментація зображень об’єктів з використанням моделі Матерна	133
Кильник В. В. Алгоритм тренажера з теми «Сортування методом перемішування» дистанційного курсу «Алгоритми та структури даних»	135
Козин И. В., Батовский С. Е. Эволюционно-фрагментарная модель для задачи о максимальном разрезе на графах	138
Колєнцева О. Ю. Тестування кубатурних формул обчислення інтегралів від швидкоосцилюючих функцій двох змінних на класі $H_1^{2,1}(M, \widetilde{M})$	140

Колєчкіна Л. М., Двірня О. А. Розв'язування векторних екстремальних комбінаторних задач з дробово-лінійними функціями цілі на конфігурації перестановок	143
Кондрашев Д. М. Розробка тренажера дистанційного навчального курсу «Математична логіка та теорія алгоритмів» з теми «Машини Тюрінга».....	146
Косогова А. Г., Литвин О. М. Математичне моделювання розривних процесів, що залежать від однієї змінної.....	149
Косолап А. И. Преобразование многоэкстремальных задач к одноэкстремальным	152
Косолап А. И., Романчук А. А. Двойственность для многоэкстремальных задач	156
Костробій П. П., Рижа І. А. Моделювання процесу окисації чадного газу на плоскій поверхні каталізатора	160
Красиленко В. Г., Нікітович Д. В. Моделювання матричних афінних шифрів для криптографічних перетворень зображень	163
Кульбашина Н. И. Модель определения скорости движения в изменяющейся дорожной среде.....	167
Леонова М. В. Моделювання задач складання розкладу занять у ВНЗ	170
Литвин О. М., Литвин О. Г. Оптимізація кількості експериментальних даних у методі обчислення коефіцієнтів Фур'є за допомогою проєкцій.....	175
Литвин О. М., Славів О. В. Застосування узагальненої інтерстріпації функцій двох змінних для відновлення зображення поверхні	180
Литвин О. М., Томанова І. С. Алгоритм побудови сплайнів п'ятого степеня для розв'язання бігармонічної задачі для жорстко защемленої пластини	182

Маляр М. М., Поліщук В. В., Шаркаді М. М. Оцінювання ризику фінансування стартап проектів.....	185
Марко М. Я., Цегелик Г. Г. Використання методу послідовного введення обмежень для розв'язування задачі планування виробництва	187
Марченко Д. А., Ємець О. О. Програмування навчального тренажера з теми «Переставні многогранники» дистанційного навчального курсу «Елементи комбінаторної оптимізації»	190
Марченко О. О., Самойленко Т. А. Побудова розривного розв'язку початково-крайових задач для параболо-гіперболічних систем	193
Меняйлов Е. С., Старцева А. В., Безлюбченко А. В. Метод решения нелинейной задачи расчета конструкторских размерных сетей в условиях параметрической априорной неопределенности	196
Михайлюк В. О. Задача про покриття множинами: особливості наближеної реоптимізації.....	199
Моренець В. І. Задача оптимізації на нечіткій множині типу 2	201
Нечуйвітер О. П., Кейта К. В. Оцінка знизу для похибки чисельного інтегрування двовимірних швидкоосцилюючих функцій загального виду	203
Олексійчук Ю. Ф. Застосування методу гілок та меж для однієї комбінаторної задачі оптимізації потоку	205
Ольховська О. В., Ольховський Д. М. Ресоціалізація засобами дистанційного навчання	208
Пашаева С. Э. Параметры поиска в базе директивных документов	211
Педоренко С. В., Ємець О. О. Розробка тренажера з теми «М-метод» дистанційного навчального курсу «Методи оптимізації та дослідження операцій»	213

Першина Ю. І. Метод знаходження ліній розриву функції двох змінних за допомогою розривних сплайнів	216
Пичугина О. С., Коробчинский К. П. Об одном подходе к условной оптимизации на сферически расположенных дискретных множествах	219
Потерайло О. О., Ємець О. О. Програмування навчального тренажера для градієнтного методу оптимізації нелінійних функцій дистанційного навчального курсу «Методи оптимізації та дослідження операцій».....	223
Прилипко О. І. Математична модель впливу транспортних засобів на забруднення навколишнього середовища	226
Примов Х. Н. Тренажер «Комплексные числа» и его программная реализация	228
Рамазанов С. К., Івченко Є. І. Інтелектуальна система підтримки прийняття рішень діагностики кризового стану промислового підприємства.....	232
Русін В. С., Олексійчук Ю. Ф. Програмна реалізація елементів тренажеру з теми «Аналіз алгоритму сортування вставками» дисципліни «Аналіз алгоритмів».....	236
Сергієнко І. В., Литвин О. М. Монографія «Нові інформаційні оператори в математичному моделюванні»	238
Славко Г. В. Розробка та впровадження інтерактивної перевірки програмних кодів у системі онлайн-освіти «Математика.Укр».....	245
Сокол О. В., Черненко О. О. Розробка тренажера з теми «Нормальні алгоритми» дистанційного навчального курсу «Теорія алгоритмів»	247
Сосницька Н. Л., Литвин О. М. Одна теорема про вибір параметрів у формулі ермітової інтерлінації із збереженням класу диференційованості	252

Стасюк Ю. В., Парфьонова Т. О. Про розробку тренажера для дистанційного навчального курсу «Дискретна математика» з обчислення булевих функцій	255
Стецюк П. И., Била Г. Д., Стовба В. А. Метод эллипсоидов для нахождения L_p -решения системы линейных уравнений	258
Субботін С. О. Методи визначення фрактальної розмірності вибірок даних і моделей.....	264
Сулейманлы Б. А. Создание матрицы экспертной оценки в системах принятия решений.....	267
Тимофієва Н. К. Евристичні методи розв'язання задач комбінаторної оптимізації та доведення їхньої збіжності.....	270
Удовенко С. Г., Чала Л. Е. Робастні інкрементні моделі в системах цифрової обробки інформації	273
Узлов Д. Ю., Струков В. М. Інформаційно-аналітична система кримінального аналізу RICAS	276
Хіміч О. М. Сучасні парадигми математичного моделювання. Інтелектуальний інтерфейс.....	279
Цыба О. В. Использование системы контроля версий Git в дистанционном обучении программированию.....	281
Цюрюпа В. С. Розробка програмного забезпечення тренажера з теми «Принципи адресації» дисципліни «Інформаційні мережі»	283
Черненко О. О. Методичні підходи щодо створення дистанційного курсу з дисципліни «Теорія програмування» ..	285
Чистяков О. В. Оцінки ефективності гібридного алгоритму методу ітерації на підпросторі.....	286
Чілікіна Т. В., Мандрика В. М. Програмна реалізація тренажеру за темою «Обчислення коефіцієнта впевненості» з дисципліни «Інтелектуальні інформаційні системи»	290

Чугай А. М. Подходы к математическому моделированию задачи упаковки неориентированных многогранников	292
Шостя С. П. Курикулумна стандартизація цифрової грамотності.....	294
Щербак О. В. Розробка алгоритму тренажера з теми «Сортування вибором та сортування обміном» дистанційного курсу «Алгоритми та структури даних».....	297
Яремчук С. І., Таценко В. О., Шупіков О. А. Мінімаксна задача розміщення джерел фізичного поля на фіксовані посадкові місця.....	299
Facchetti Lois, Makarenko Alexander. Study of coupled non-linear systems of differential equations linked by network-alike neighborhood.....	303
Guluyev G. A., Pashayev F. G., Aliyev M. E., Jafarov J. M. Determining the seismic safety zone for the Nakhchivan Autonomous Republic	306
Jafarov J. M. Integration of information systems on the basis of electronic government	308
Odimegwu Remy. Construction of educational site «System analysis and the theory of decision making»	311
Pryshchepa O. V. On the M/M/2/ ∞ retrial queue with limited number of retrials	314
Shour Yusuf Kamal, Olhovskiy Dmitriy. Creation of educational site «Educational web resource «Informational system»	316
До 60-ліття з дня народження Ємця О. О.	319
Інформація про конференцію	324
Информация о конференции	328
Conference Information	332

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО ИНДИКАТОРА ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ПОМЕХОМОНИТОРИНГА

Т. А. Алиев, академик, директор института

Институт систем управления НАНА

telmancyder@rambler.ru

Г. А. Гулуев, д. т. н., зав. лабораторией

Институт систем управления НАНА

scb_06@mail.ru

Ф. Г. Пашаев, PhD, вед. н. с.,

Институт систем управления НАНА

pasha.farhad@gmail.com

Ас. Г. Рзаев, PhD, зав. лабораторией

Институт систем управления НАНА

asifrzayev48@gmail.com

И. А. Ахмедов, аспирант

Институт систем управления НАНА

irkan.ehmedov@gmail.com

Известно, что применение многих характеристик для мониторинга изменения состояний технологических процессов сопряжено множеством парных сравнений. Это усложняет алгоритм диагностики. В статье обосновано создание интегрального индикатора для применения помехотехнологий в системах мониторинга, диагностики, управления и прогнозирования.

Aliev T. A., Guluyev G. A., Pashayev F. H., Rzaev As. H., Ahmadov I. A. Determination of integral indicator during noise technology application. It is known that, during monitoring of technological processes' status using lots of characteristics leads to many numerous comparisons. This situation complicates the diagnostics algorithms. In the article establishment of integral indicator for noise technologies in monitoring, diagnostics, control and forecasting systems.

Ключевые слова: ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОМЕХ, СОСТОЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА, ИНТЕГРАЛЬНЫЙ ИНДИКАТОР ПОМЕХИ.

Keywords: NOISE CHARACTERISTICS, TECHNOLOGICAL PROCESS STATUS, INTEGRAL NOISE INDICATOR.

Одна из функций системы помехомониторинга, диагностики и управление технологическими процессами является в том, чтобы технические и технологические операции проводились по необходимости. Составление графиков таких работ требует достаточно больших усилий от обслуживающего персонала. Выполнение работ по графике также сопровождается большими трудовыми и материальными затратами. Необходимо учитывать фактор времени, так как по истечении времени составленные графики устареют.

При применении помехотехнологий для построения современных систем мониторинга, диагностики, управления и прогнозирования для технологических процессов используется такие характеристики помех как D_X , D_g , D_ε , $R_{X\varepsilon}$, $R_{\varepsilon X\varepsilon}$ [1, 2]. На базе этих и других характеристик разрабатывается различные алгоритмы диагностики [3]. Наступление времени индикации, изменение состояния технологического процесса определяется по временным трендом, указанных характеристик. Изменение значений этих характеристик больше чем определённого процента (например: 20 процентов) указывает на изменение состояния технологического процесса и на необходимости проведения профилактических работ.

При разработке конкретной системы диагностики определяется состав необходимых характеристик. Один из способов минимизации состава необходимых характеристик является определение интегральных индикаторов для конкретного информационного датчика. При этом определяется независимые помехохарактеристики из состава необходимых характеристик.

Например: известно, что при практических применениях удовлетворяется следующие равенства [3]:

$$D_X = D_g - D_\varepsilon$$

$$R_{\varepsilon X\varepsilon} = R_{X\varepsilon} - D_\varepsilon.$$

Это даёт нам возможность определить независимые помехохарактеристики как D_g , D_ε , $R_{X\varepsilon}$. Для определения независимых характеристик также можно применять другие известные алгоритмы.

Для избавления от случайных скачков и проведения множества парных сравнений разработано интегральный индикатор (ii) для каждого информационного датчика.

$$\begin{aligned}
 ii_j &= \begin{vmatrix} D_g(j-2) & D_g(j-1) & D_g(j) \\ D_\varepsilon(j-2) & D_\varepsilon(j-1) & D_\varepsilon(j) \\ R_{X\varepsilon}(j-2) & R_{X\varepsilon}(j-1) & R_{X\varepsilon}(j) \end{vmatrix} = \\
 &= D_g(j-2) * D_\varepsilon(j-1) * R_{X\varepsilon}(j) - D_g(j) * D_\varepsilon(j-1) * R_{X\varepsilon}(j-2) - \\
 &\quad - D_g(j-2) * D_\varepsilon(j) * R_{X\varepsilon}(j-1) - D_g(j-1) * D_\varepsilon(j-2) * R_{X\varepsilon}(j) + \\
 &\quad + D_g(j) * D_\varepsilon(j-2) * R_{X\varepsilon}(j) + D_g(j-1) * D_\varepsilon(j) * R_{X\varepsilon}(j-2).
 \end{aligned}$$

Интегральный индикатор:

- учитывает все три независимые помехохарактеристики;
- мало подвергается случайным отклонениям.

Изменение значений интегрального индикатора более чем определённого процента определяет необходимости проведения профилактических работ. Система контролирует выполнение условия для определённого $\Delta p > 0$:

$$abs \frac{(ii_n - ii_{n-1})}{ii_{n-1}} > \Delta p.$$

Если выполнение условия не наступило, это означает, что при отсутствии других причин можно считать, что состояние технологического процесса и контролируемого объекта стабильно. Интегральный индикатор вычисляется для каждого информационного датчика и может быть сохранено в Базе Данных.

Список использованных источников

1. Noise monitoring technology for objects in transition to the emergency state / T. A. Aliev, G. A. Guluev, F. H. Pashayev, A. B. Sadygov // Mechanical Systems and Signal Processing V. 27, February 2012, P. 755–762.
2. Aliev T., Quluyev Q., Pashayev F., Sattarova U. and Rzayeva N. (2016) Intelligent Seismic-Acoustic System for Identifying the Location of the Areas of an Expected Earthquake. // Journal of Geoscience and Environment Protection, 4. – P. 147–162.

3. Предпосылки применения Fuzzy Logic к анализу Noise характеристик сейсмоакустических сигналов / Т. А. Алиев, Г. А. Гулуев, Ф. Г. Пашаев, М. Э. Алиев, И. А. Ахмедов. VII All-Ukrainian Scientific-Practical Conference «Computer Sciences and Systems Sciences», Poltava, 10–12 march 2016. – P. 15–17.

УДК 004.42

АВТОМАТИЗОВАНА ПЕРЕВІРКА ПРАКТИЧНИХ ЗАВДАНЬ В ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ ПРОГРАМУВАННЯ

А. Б. Андруховський, ст. викладач кафедри інформатики
Кам'янець-Подільський національний університет імені І. Огієнка
andruhovski@kpmi.km.ua

Ю. Ю. Грабовська, студентка спец. «Математика*»
Кам'янець-Подільський національний університет імені І. Огієнка
grabovska@kpmi.km.ua

В статті розглядається метод автоматизації перевірки практичних завдань з курсу програмування на VB.Net та спосіб його використання для організації самостійної роботи студентів.

Andruhovski A. B., Grabovska Y. Y. Automated checking of practical assignments during teaching programing.

Ключові слова: МОДУЛЬНІ ТЕСТИ, АВТОМАТИЗАЦІЯ ПЕРЕВІРКИ ПРОГРАМ, ЯКІСТЬ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.

Keywords: UNIT-TESTING, SOFTWARE TESTING AUTOMATION, SOFTWARE QUALITY.

Сучасні тенденції розвитку суспільства мають великий вплив на розвиток людини. Роботодавці вимагають від ринку праці висококваліфікованих спеціалістів, які могли б постійно навчатися новому та удосконалювати свої знання та навички шляхом самоосвіти.

Метою сучасного викладача, який викладає курс програмування, має стати формування в студентів навиків професійного програмування.

Важливо при написанні програм застосовувати сучасні підходи, такі як розробка через тестування (test-driven development).

Для здійснення процесу тестування програмного забезпечення, застосовують три технології тестування [1]:

- black-box testing (тестування методом чорної скриньки);
- white-box testing/ glass-box testing (тестування методом прозорої скриньки);
- gray-box testing (метод тестування напівпрозорої скриньки).

Детальніше про технології тестування ПЗ можна прочитати у [2, 3] та з інших джерел.

Програмне середовище Microsoft Visual Studio 2015 підтримує наступні типи тестів: Basic Unit Test, Unit Test, Coded UI Test, Generic Test, Web Performance Test, Load Test, Ordered Test, Database Unit Test. Для перевірки практичних завдань з програмування підходять перші три типи.

Завдання з курсу програмування повинно бути формалізоване для можливості його автоматичного тестування. Для такого завдання розробляється проект із шаблонами функцій, на які розбивається програма для розв'язання поставленого завдання, а також проект з тестовими випадками (unit-tests), перевірка якими проходить методом напівпрозорої скриньки.

Для практичної реалізації таких завдань можна використувати інтегроване середовище програмування, (у нашому випадку Microsoft Visual Studio 2015 [4]), яке забезпечує зручний інструмент для тестування проектів.

Перше, що необхідно зробити викладачеві, це детально описати завдання, яке має реалізувати студент у вигляді програми, потім розбити його на окремі функції і реалізувати їх. Після реалізації необхідно до кожної функції написати серію тестів і провести відповідне тестування.

Останнім кроком є видалення робочого коду з функцій, таким чином перетворивши їх на «заглушки».

Сформований таким чином проект може бути розміщений на хмарному сервісі OneDrive, GitHub, Bitbucket тощо.

Проілюструємо ці кроки наступним простим прикладом: «Дано катети прямокутного трикутника. Знайти його гіпотенузу і площу». Для даної задачі коректним розв'язком буде значення $S = 6$ та $c = 5$, при вхідних катетах $a = 3$, $b = 4$. При некоректних даних (наприклад, $a = -3$) програма має видавати помилку (exception).

Таким чином, набір модульних тестів буде містити мінімум чотири правила: «коректні дані – обчислення площі», «не

коректні дані – обчислення площі», «коректні дані – обчислення гіпотенузи», «не коректні дані – обчислення гіпотенузи».

Архів для скачування студентами повинен містити два проекти: для розв'язку і тестовий. Виконуючи роботу, студенти можуть періодично запускати тестові проекти, щоб переконатися, що їх код написаний правильно.

Приклад реалізації розміщено за адресою: <https://1drv.ms/u/s!Aid21JSYjHxzkJBilMjmVipRw1ermg>.

Використання такого способу перевірки суттєво зменшить навантаження на викладача, оскільки йому будуть надходити робочі (без помилок) проекти студентів.

Список використаних джерел

1. Левинстон Дж. Тестирование ПО с помощью Visual Studio 2010 : [пер. с англ.]. – Москва : ЭКОМ Паблишерз, 2012. – 336 с.
2. Тестирование программного обеспечения [Електронний ресурс] : сайт про тестування програмного забезпечення. – Режим доступу: <http://www.protesting.ru/testing/> – Назва з екрана.
3. Интернет университет информационных технологий [Електронний ресурс] : сайт університету інформаційних технологій. – Режим доступу: <http://www.intuit.ru/department/se/testing/5/> – Назва з екрана.
4. MSDN [Електронний ресурс] : Електронна бібліотека Microsoft Visual Studio 2008/2010. – Режим доступу: [http://www.msdn.microsoft.com/ru-ru/library/ms182413\(v=VS.90\).aspx](http://www.msdn.microsoft.com/ru-ru/library/ms182413(v=VS.90).aspx) – Назва з екрана.

УДК 519.6:539.3

ЧИСЕЛЬНА ІДЕНТИФІКАЦІЯ ТЕРМІЧНОГО ОПОРУ ДЛЯ СКЛАДЕНОГО ЦИЛІНДРУ

А. А. Аралова, к. ф.-м. н.
Інститут кібернетики НАН України
aaaralova@gmail.com

У статті розглянуто чисельну ідентифікацію термічного опору для термопружного деформування довгої складеної циліндричної оболонки.

Aralova A. A. The numerical identification of a thermal resistance for composite cylinders. In this paper, we address problems of numerical identification of a thermal resistance for a long drawn thermoelastic deformation of the cylindrical shell.

Ключові слова: ТЕРМОПРУЖНИЙ СТАН, ГРАДІЄНТНІ МЕТОДИ, ЦИЛІНДРИЧНІ ТІЛА.

Keywords: THERMOELASTIC STATE, GRADIENT METHODS, CYLINDRICAL BODY.

$$\begin{aligned}
 & -\left\{(\lambda+2\mu)\frac{d}{dr}\left(r\frac{dy}{dr}\right)-(\lambda+2\mu)\frac{y}{r}-(3\lambda+2\mu)\alpha r\frac{dT}{dr}\right\}=0, \quad r\in\Omega; \\
 & \sigma_r|_{r=r_i}=-p_i, \quad i=1,2; \quad -\frac{1}{r}\frac{d}{dr}\left(rk\frac{dT}{dr}\right)=\bar{f}, \quad r\in\Omega; \\
 & -k\frac{dT}{dr}\Big|_{r=r_1}=-\alpha_1T+\beta_1, \quad k\frac{dT}{dr}\Big|_{r=r_2}=-\alpha_2T+\beta_2; \\
 & [y]=0, \quad [\sigma_r(y)]=0, \quad \left[k\frac{dT}{dr}\right]=0, \quad \left\{k\frac{dT}{dr}\right\}^{\pm}=u[T]. \quad (1)
 \end{aligned}$$

Розглянемо довгу товсту циліндричну оболонку. З урахуванням симетрії, слідуючи [1, 2], її термопружний стан описується крайовою задачею (1), де $\Omega=\Omega_1\cup\Omega_2$, $\Omega_1=(r_1,\xi)$, $\Omega_2=(\xi,r_2)$, $0< r_1<\xi<r_2<\infty$, $r_1,r_2=const>0$ – радіуси, відповідно, внутрішньої і зовнішньої кругових поверхонь; r – радіальна координата циліндричної системи координат; а компонента тензора напруги має вид $\sigma_r(y,T)=(\lambda+2\mu)\varepsilon_r(y)+\lambda\varepsilon_\varphi-(3\lambda+2\mu)\alpha T$, де λ , μ – постійні Ляме; $y=y(r)$ – зміщення в радіальному напрямку; $\alpha=const>0$ – коефіцієнт температурного розширення, β_1 , $\beta_2=const$, $\alpha_1=const>0$, $p_i=const$, $i=1,2$; $T=T(r)$ – температура, k – коефіцієнт теплопровідності, $u=const$ вважаємо невідомим.

Вважаємо, що на внутрішній поверхні циліндра відомо зміщення

$$y(d_i)=f_i, \quad i=\overline{1,N}. \quad (2)$$

Отримано задачу (1), (2), що складається у визначенні дійсного числа $u\in U=R=(-\infty,+\infty)$, при якому перша компонента

$y = y(u)$ розв'язку $(y(r), T(r))$ задачі (1) задовольняє рівності (2). Виходячи з [3], при кожному фіксованому $u \in U$, замість класичного розв'язку крайової задачі (1) будемо використовувати її узагальнене рішення, тобто вектор-функцію $(y, T) \in H = W_2^1(r_1, r_2) \times W_2^1(r_1, r_2)$, яка $\forall z = (z_1(r), z_2(r)) \in H_0 = H$ задовольняє системі нерівностей

$$a(y, z_1) = l(T; z_1), \quad a_1(T, z_2) = l_1(u; z_2), \quad (3)$$

$$\begin{aligned} a(y, w) &= \sum_{i=1}^2 \int_{\Omega_i} r \left((\lambda + 2\mu) \left(\frac{dy}{dr} \frac{dw}{dr} + \frac{y}{r} \frac{w}{r} \right) + \lambda \left(\frac{y}{r} \frac{dw}{dr} + \frac{dy}{dr} \frac{w}{r} \right) \right) dr, \\ l(T; w) &= \sum_{i=1}^2 \int_{\Omega_i} r (3\lambda + 2\mu) \alpha T \left(\frac{dw}{dr} + \frac{w}{r} \right) dr + r_1 p_1 w(r_1) - r_2 p_2 w(r_2), \\ a_1(u; T, w) &= \sum_{i=1}^2 \int_{\Omega_i} r k \frac{dT}{dr} \frac{dw}{dr} dr + u[T][w] + \alpha_1 r_1 T(r_1) w(r_1) + \\ &+ \alpha_2 r_2 T(r_2) w(r_2), \quad l_1(w) = \sum_{i=1}^2 \int_{\Omega_i} r \bar{f} w dr + r_1 \beta_1 w(r_1) + \beta_2 r_2 w(r_2). \end{aligned} \quad (4)$$

Функціонал-нев'язки приймає вигляд

$$J(u) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N (y(d_i) - f_i)^2. \quad (5)$$

Замість задачі (1), (2), розв'язуємо задачу (3)–(5), що полягає у визначенні елемента u , який мінімізує на U функціонал (5) при обмеженнях (4). Задачу (5), (3) будемо розв'язувати за допомогою градієнтних методів [4], де $(n+1)$ -е наближення u_{n+1} розв'язку $u \in U$ знаходиться за формулою

$$u_{n+1} = u_n - \beta_n p_n, \quad n = 0, 1, \dots, n^*, \quad (6)$$

починаючи з деякого наближення $u_0 \in U$, а напрям спуску p_n та коефіцієнт β_n для методу мінімальних похибок визначаємо за

допомогою виразів $p_n = J'_{u_n}$, $\beta_n = \frac{\|e_n\|^2}{\|J'_{u_n}\|^2}$. Виходячи з [3, 5] для визначення $(n+1)$ -го наближення u_{n+1} розв'язку $u \in U$ задачі (5), (7) введемо в розгляд спряжену задачу

$$\begin{aligned}
 & -\frac{d}{dr} \left(r k \frac{d\psi}{dr} \right) - r(3\lambda + 2\mu) \alpha \left(\frac{dp}{dr} + \frac{p}{r} \right) = 0, \quad r \in \Omega_d; \\
 & -k \frac{d\psi}{dr} \Big|_{r=r_1} = -\alpha_1 \psi(r_1), \quad k \frac{d\psi}{dr} \Big|_{r=r_2} = -\alpha_2 \psi(r_2); \quad [p] \Big|_{r=\xi} = 0, \\
 & [\sigma_r(p)] \Big|_{r=\xi} = 0, \quad \left[u \frac{d\psi}{dr} \right] \Big|_{r=\xi} = 0, \quad \left\{ u \frac{d\psi}{dr} \right\}^{\pm} = u[\psi] \Big|_{r=\xi}, \\
 & [p] \Big|_{r=d_i} = 0, \quad [\sigma_r(p)] \Big|_{r=d_i} = -\frac{1}{d_i} (y(u; d_i) - f_i), \quad i = \overline{1, N},
 \end{aligned}$$

При кожному $u = u_n$ для наближення $(y_1^N, T_1^N) \in H_1^N \times H_1^N$ розв'язку $(y, T) \in H \times H$ задачі (3) справедлива оцінка

$$\|y(u_n) - y_1^N(u_n)\|_{W_2^1(r_1, r_2)} \leq Ch, \quad \|T(u_n) - T_1^N(u_n)\|_{W_2^1(r_1, r_2)} \leq C_1 h, \quad (7)$$

де $C, C_1 = \text{const}$, $h = \max_i h_i$, $h_i = r^{i+1} - r^i$.

Список використаних джерел

1. Коваленко А. Д. Термоупругость / Коваленко А. Д. – Киев : Вища школа, 1975. – 216 с.
2. Мотовилевец И. А. Механика связанных полей в элементах конструкций / Мотовилевец И. А., Козлов В. И. – Т. 1 : Термоупругость. – Киев : Наук. Думка, 1987. – 264 с.
3. Сергиенко И. В. Идентификация термонапряженного состояния составного цилиндра по известным смещениям / Сергиенко И. В., Дейнека В. С. // Проблемы управления и информатики. – 2009. – № 5. – С. 25–52.

4. Алифанов О. М. Экстремальные методы решения некорректных задач / Алифанов О. М., Артюхин Е. А., Румянцев С. В. – Москва : Наука, 1988. – 288 с.
5. Сергиенко И. В. Системный анализ многокомпонентных распределенных систем / Сергиенко И. В., Дейнека В. С. – Киев : Наук. Думка, 2009. – 640 с.
6. Дейнека В. С. Вычислительные алгоритмы повышенного порядка точности для условно-корректной задачи термоупругости / Дейнека В. С. // Компьютерная математика. – 2007. – № 1. – С. 3–12.

УДК 519.8.812.007

МОДИФИКАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ДЫХАНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЕ ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНИ СЕРДЦА

Н. И. Аралова, к. т. н., с. н. с.
Институт кибернетики НАН Украины
aralova@ukr.net

На математической модели транспорта газов в организме проводятся теоретические исследования одной из возможных причин возникновения ишемической болезни сердца.

Modification of the mathematical model of the respiratory system for the coronary heart disease study. In this paper, we address the theoretical studies of one of the possible causes of coronary heart disease, based on the mathematical model of gas transport in the body.

Ключевые слова: МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ДЫХАНИЯ, ИШЕМИЧЕСКАЯ БОЛЕЗНЬ СЕРДЦА, ЦИРКУЛЯТОРНАЯ ГИПОКСИЯ.

Keywords: MATHEMATICAL MODEL OF THE RESPIRATORY SYSTEM, CORONARY HEART DISEASE, CIRCULATORY HYPOXIA.

Ишемическая болезнь сердца (ИБС) – одна из распространенных патологий. Ее следствием является тканевая гипоксия. Методы ее лечения достаточно хорошо разработаны, однако их влияние на функционирование организма в целом и его отдельных систем изучены недостаточно. Математическая модель системы дыхания, которая описывает транспорт и массообмен кислорода, углекислого газа и азота может оказаться удобным

средством для изучения процесса снабжения кислородом отдельных органов и тканей т. к.:

- математическая модель описывает транспорт респираторных газов в организме, их массообмен, тканевое дыхание;

- модель описывает работу механизмов саморегуляции (сердечная мышца является одним из исполнительных органов саморегуляции), целью которых есть своевременная и адекватная доставка кислорода к тканям работающих органов и вывод углекислого газа, который образуется в результате процессов обмена;

- представленная математическая модель системы дыхания структурирована, в зависимости от цели имитации можно выделить какой-либо орган или его часть в виде взаимосвязанных составляющих (в частности, насосная функция сердца определяется работой правого и левого предсердий и левого и правого желудочков).

Рассмотрим на модели одну из множества возможных причин, которые приводят к возникновению ИБС: стеноз коронарных артерий. Отчасти степень поражения коронарных артерий можно имитировать на модели частичной окклюзией артериальных сосудов сердечной мышцы или их отдельных частей. Тогда уравнения для крови тканевых капилляров и тканей будут иметь вид:

$$\frac{dp_{ct_i} O_2}{d\tau} = \frac{1}{\left(V_{ct_i} - \int_{\tau_0}^T (Q_{t_i} - \tilde{Q}_{t_i}) d\tau \right) \left(\alpha + \gamma_{Hb} Hb \frac{\partial \eta_{ct_i}}{\partial p_{ct_i} O_2} \right)} \times$$

$$\times \left(\alpha_1 \tilde{Q}_{t_i} p_a O_2 + \gamma_{Hb} Hb \tilde{Q}_{t_i} \eta_a - G_{t_i} O_2 - \alpha_1 \tilde{Q}_{t_i} p_{ct_i} O_2 + \gamma_{Hb} Hb \tilde{Q}_{ct_i} \eta_{ct_i} \right)$$

$$\frac{dp_{t_i} O_2}{d\tau} = \frac{1}{V_{t_i} \left(\alpha_1 + \gamma_{Mb} Mb \frac{\partial \eta_{t_i}}{\partial p_{t_i} O_2} \right)} (G_{t_i} O_2 - q_{t_i} O_2),$$

где индекс $i = l, r$ относится к правой и левой части сердца, Q_{t_i} – объемная скорость коронарного кровотока, определенная

моделью ФСД, \tilde{Q}_{t_i} – его фактическая скорость при поражении коронарных сосудов. Аналогично модифицируются уравнения и для углекислого газа.

Очевидно, что $\tilde{Q}_{t_i} < Q_{t_i}$ и предполагается, что коронарные артерии левой и правой частей сердца не поражены, то при частичной окклюзии артерии градиенты напряжений кислорода по абсолютной величине будут большими, чем соответствующие градиенты при повреждении сосуда и, в зависимости от степени окклюзии гипоксия в сердечной мышце будет менее выраженной.

Если повреждены сосуды левой или правой части сердца, то возникает гипоксия, вызванная частичной окклюзией одной из частей сердечной мышцы, в другой объемная скорость кровотока будет больше необходимой и это приведет к повышению напряжения кислорода в этой части, т.е. возникнет асимметрия в распределении напряжений кислорода в сердечной мышце. Когда степень повреждения артериальных сосудов, которые подводят кровь к левой и правой части сердца отличается, в тканях обеих частей сердца развивается гипоксия, которая вызвана разной степенью окклюзии сосудов и тогда тоже распределение напряжений кислорода будет асимметричным. С помощью модели можно проанализировать ситуации, когда в элементарном участке сердечной мышцы происходит полная окклюзия капиллярного русла. В начальный период будет наблюдаться резкое истощение запасов кислорода из крови, несоответствие его снабжения потребностям тканей, которые окружают капилляр, далее напряжение кислорода в этом тканевом участке станет критическим и эта часть не сможет принимать участия в осуществлении насосной функции сердца. Таким образом, при повреждении коронарных сосудов распределение кислорода в сердечной мышце зависит от степени поражения капиллярного русла и его локализации.

Эта математическая модель также позволяет выбрать оптимальный способ компенсации циркуляторной гипоксии, возникшей при ИБС. Она дополняется уравнениями транспорта фармакологического препарата, при этом предполагается респираторное, пероральное, внутримышечное и внутривенное введение. Модель индивидуализируется и проводится имитация введения

антигипоксанта различными путями и, таким образом, можно подобрать оптимальную дозу препарата.

Математическая модель транспорта респираторных газов может оказаться полезным инструментом для исследования причин возникновения ИБС и для оптимизации выбора лекарственных препаратов для компенсации вторичной тканевой гипоксии, возникающей при ИБС.

УДК 004.2

СИНТЕЗ МИКРОПРОГРАММНОГО АВТОМАТА С ОПЕРАЦИОННЫМ АВТОМАТОМ ПЕРЕХОДОВ МЕТОДОМ ПОЛНОГО ПЕРЕБОРА

Р. М. Бабаков, к. т. н., доцент

Донецкий национальный университет имени Василя Стуса
r.babakov@donnu.edu.ua

В статье дается оценка временных затрат на синтез микропрограммного автомата с операционным автоматом переходов методом полного перебора.

Babakov R. M. Optimization of linear functions on arrangements. The article assesses the time required for the synthesis of final-state machine with datapath of transitions using brutal force approach.

Ключевые слова: МИКРОПРОГРАММНЫЙ АВТОМАТ, ОПЕРАЦИОННЫЙ АВТОМАТ ПЕРЕХОДОВ, ПОЛНЫЙ ПЕРЕБОР.

Keywords: FINAL-STATE MACHINE, DATAPATH OF TRANSITIONS, BRUTAL FORCE.

В работах [1, 2] предложены структура и математическая модель микропрограммного автомата с операционным автоматом переходов (МПА с ОАП). В данной структуре преобразование кодов состояний осуществляется различными способами: часть переходов реализуется каноническим способом по системе булевых уравнений, часть – с помощью множества операций переходов (ОП). Поскольку в МПА с ОАП одна и та же ОП может использоваться для реализации множества автоматных переходов, использование МПА с ОАП может способствовать сокращению аппаратных затрат на реализацию логической схемы автомата в сравнении с каноническим МПА [3].

Синтез МПА с ОАП сводится к следующему:

1. Каждому состоянию автомата сопоставляется уникальный структурный (двоичный) код из множества K_S^R допустимых структурных кодов.

2. Каждому автоматному переходу ставится в соответствие некоторая ОП из множества O , причем одна и та же операция может быть сопоставлена нескольким переходам.

Если сопоставленные коды состояний и операции переходов обеспечивают реализацию всех переходов автомата, то найдено формальное решение задачи синтеза МПА с ОАП. Для произвольного МПА существует, в общем случае, множество формальных решений, отличающихся используемыми ОП и аппаратными затратами на их реализацию в логической схеме автомата.

Одним из путей поиска формальных решений задачи синтеза МПА с ОАП является полный перебор. Будем полагать, что:

– множество O содержит N_I операций переходов;

– $|K_S^R| = 2^R$, где R – разрядность кода состояния;

– автомат содержит M состояний и B переходов.

Тогда количество N_I способов сопоставления 2^R структурных кодов M состояниям автомата определяется выражением (1).

$$N_1 = A_{2^R}^M = \frac{(2^R)!}{(2^R - M)!}. \quad (1)$$

Количество способов сопоставления N_I операций переходов B переходам автомата определяется выражением (2).

$$N_2 = (N_I + 1)^B. \quad (2)$$

Здесь прибавляемая к N_I единица учитывает возможность того, что любому переходу автомата может быть не сопоставлена никакая ОП, в результате чего данный переход реализуется каноническим способом.

Тогда количество вариантов взаимонезависимого сопоставления структурных кодов состояний и операций переходов определяется выражением (3).

$$N = N_1 \cdot N_2 = \frac{(2^R)!}{(2^R - M)!} (N_I + 1)^B. \quad (3)$$

После того, как выбран очередной вариант сопоставления, необходимо проверить – является ли он «бесполезным» или дает формальное решение задачи синтеза автомата. Обозначим через t_c время, затрачиваемое на формирование очередного варианта сопоставления и проверку получения формального решения. Тогда время t , необходимое для получения множества всех возможных формальных решений методом полного перебора, определяется выражением (4).

$$t = N \cdot t_c = \frac{(2^R)!}{(2^R - M)!} (N_I + 1)^B t_c. \quad (4)$$

Пусть $t_c = 0,001$ секунды. Тогда время, затрачиваемое на полный перебор вариантов в случае автомата средней сложности ($M = 50, R = 6, B = 100$ [3]) и $(N_I + 1) = 10$ составит $1,45 \cdot 10^{175}$ с, что, очевидно, является неприемлемым.

В случае, например, $R = 4, M = 10, (N_I + 1) = 3, B = 10$ и $t_c = 0,001$ с, величина $t = 10^{17}$ с. При уменьшении значения t_c до 1 нс (если предположить выполнение полного перебора на высокопроизводительной вычислительной системе) величина t становится равной 10^{11} с, что составляет 3 200 лет и также является неприемлемым.

Рассмотренные в докладе аналитические выражения и проведенные с их использованием расчеты позволяют сделать вывод о практической невозможности решения задачи синтеза МПА с ОАП методом полного перебора. При этом не исключена возможность решения данной задачи методом частичного перебора вариантов, требующая разработки специальных методов синтеза.

Список использованных источников

1. Бабаков Р. М. Алгебраическая интерпретация микропрограммного автомата с операционным автоматом переходов / А. А. Баркалов, Р. М. Бабаков // Кибернетика и системный анализ. – 2016. – № 2. – С. 22–29.

2. Бабаков Р. М. Промежуточная алгебра переходов в микропрограммном автомате / Бабаков Р. М. // Радиотехника, информатика, управление. – 2016. – № 1. – С. 64–73.
3. Баранов С. И. Синтез микропрограммных автоматов / С. И. Баранов. – Ленинград : Энергия, 1979. – 232 с.

УДК 57.022; 57.043

ИСТОЧНИКИ АКУСТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЭКОЛОГИЮ ГОРОДА БАКУ

В. В. Байрамов, инженер-программист
Институт систем управления НАНА
Vusal_bayramov84@mail.ru

В статье с целью определения экологическо-акустического звукового индикатора города Баку предусматривается источники загрязнения звуком, их опасность влияние на здоровье человека, и определение их путём изучения.

Bayramov V. V. In the article determination of ecological acoustic noise indicators in Baku city, the sources of noise pollution, their possible threats to human health and examining their appointment have been conserved.

Ключевые слова: ТЕХНОГЕННЫЕ ШУМ, АЭРОДИНАМИЧЕСКИЙ ШУМ, АКУСТИЧЕСКИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ.

Key words: NOISE FROM TECHNOGENIC ORIGINS, AERODYNAMIC NOISE, ACOUSTIC POLLUTION.

Со словом шума понимается распространение колебаний частиц в упругой среде (твёрдый, жидкий, газ). Существует биологические и физические понятия звука.

К понятию биологического звука относятся колебания и волны, которые воспринимаются слуховым органом человека. Звук ощущается тогда, когда колебание и интенсивность звука был в определённых пределах. Если не принимать во внимание особые способности и возраст, спектр колебаний слышимые человеческим ухом бывает в диапазоне от 15–20 Гц до 20 кГц. Физическому звуку относятся слышимые и неслышимые колебания эластической среды. В среде окружающей нас встречаются инфразвуки с тысячи частичной частотой. Изучение диапазона инфразвуковых волн, позволяет осваивать определённые про-

цессы, происходящие на земле. Например: сейсмические волны, произошедшие на земной коре, в зависимости от их характера распространения можно осуществить изучение структуру земной коры и разведку полезных ископаемых.

В целом по источникам возникновения шумы делятся на две группы: естественные и техногенные источники.

Естественные шумы – те звуки, возникшие независимо от людей: Ветер, звук волн, гром и молния, звук воды, звук птиц и животных и другие.

К техногенному шуму, существующие в современный время, можно отнести технические механизмы, транспорт, транспортные средства.

Подобные источники шума достаточно подвергают загрязнению окружающую среду. Примеры источников техногенного шума: железнодорожные, водные, воздушные и колёсные транспорта, технические оборудования промышленных и бытовых объектов, санитарно-технические оборудования, термо-энергетические устройства, газотурбинный компрессор, аэрогазовые динамические устройства и другие.

Шумы техногенного происхождения по физической природе классифицируются на нижеуказанные группы:

- механические шумы, возникнувшие в результате взаимодействия механизмов, машин, оборудования, станков, а также вызванные в результате вибрации верхних слоёв.

- электромагнитные шумы, образующиеся в результате электромагнитного взаимодействия электромагнитных приборов, и шумы, возникшие трансформатором, статором и ротором.

- аэродинамический шум. Например: наблюдается при адиабатическом расширении сжатого газа.

- гидродинамические шумы, происходящие в жидкостях в результате различных процессов [1].

Звуко-шумы техногенного происхождения оказывают негативное влияние на организм человека [2]. Это негативное влияние приводит к своеобразному ухудшению органа слуха. Вместе с тем влияет и на другие системы организма человека. В медицине существует термин под названием «Шумовая болезнь». А это наблюдается у людей гипотонией, гипертонией и т. д.

Акустическое влияние или шум является широко распространённым физическим фактором. Из-за негативного влияния на

население проблема шум отмечается как задача, превышающая санитарно-гигиеническую норму [3]. Наряду с перечисленными последствиями проявляются изменение размеров железа эндокринной системы сужение кровеносных сосудов, повышение артериального давления, расширение зрачков и некоторые психические расстройства. На определённый шум, разные люди реагируют по-разному. Это зависит от общего состояния здоровья этих лиц, нервной системы и психо-эмоциональности.

Среди физических факторов загрязняющих окружающую среду, наиболее негативным для нашей республики является проблема воздействия звука и вибраций. Среди городов республики Баку является самым шумовым загрязнённым городом. С учётом этого можно привести пример Наримановского, Низаминского района, подвергающихся наиболее шумовому загрязнению, путём интенсивных строительных работ, заводов и транспортных средств города Баку.

Уровень шума различных источников и реакция организма на акустическое воздействие, задана в нижеследующем таблице:

Источник акустического воздействия	Уровень звука	Реакция организма на акустический звук в течении долгой времени
Внутри здания, расположенный на магистрали	60	Даёт чувство раздражительности, усталости, головную боль
Поезд (в метро и железной дороге)	80	
Дизельный грузовик	90	
Реактивный самолёт, летающий на высоте 300 м	95	Слух постепенно ослабевает, нервно-психический стресс (истомы, волнение агрессивность), язва желудка, гипертония
Звук в ткацкой фабрике	120	Болезни (истомы, возбуждение, агрессивность), язва желудка, гипертония
Реактивный двигатель (во время полёта на расстоянии 25 м)	140–150	Звуковое опьянение похожая на алкогольное, нарушает сон и психическое здоровье, вызывает глухоту

Список использованных источников

1. Ахмедов Ш. А. Экологический мониторинг / Ш. А. Ахмедов, Ш. И. Мамедова. – Баку, 2012. – С. 85/93.
2. E. O Agbalagba, A. N. O Akpata, S. A. Olali. Investigation of Noise Pollution Levels of Four Selected Sawmill Factories in Delta State, Nigeria. *Advances in Applied Acoustics (AIAAS)* Vol. 2 Issue 3, August 2013. – P. 83–90.
3. Мамедов Г. Ш. Экология, окружающая среда və и человек / Мамедов Г. Ш., Халилов М. Я. – Баку : Наука, 2006. – С. 345/350.

УДК 004.93'1:61

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ КЛАСТЕРИЗАЦИИ В ЗАДАЧАХ РАСПОЗНАВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Н. С. Бакуменко, к. т. н., доцент

НАУ «ХАИ» имени Н. Е. Жуковского

Р. Р. Абкеримова, студентка

НАУ «ХАИ» имени Н. Е. Жуковского

Е. М. Угрюмова, к. т. н., научный сотрудник

НАУ «ХАИ» имени Н. Е. Жуковского

В статье рассматривается алгоритм к-средних, с применением новой метрики, основанной на расстоянии Махаланобиса.

Bakumenko N. S., Abkerimova R. R., Ugryumova. An algorithm to-medium, with new metrics based on the Mahalanobis distance.

Ключевые слова: АЛГОРИТМ К-СРЕДНИХ, МЕТРИКА, КЛАСТЕР.

Keywords: ALGORITHM K-MEANS, METRIC, CLUSTER.

Часто существует проблема составления корректной обучающей выборки и существует ряд медицинских задач, для которых нет смысла затрачивать большое количество времени на сбор подобных данных. Для таких задач и предлагается использовать методы кластеризации данных. Они разнообразны по принципам разделения объектов на классы, но в основном эти методы носят «четкую» природу, то есть не позволяют кластерам пересекаться в пространстве признаков [1].

Исходной информацией является выборка наблюдений, сформированная из N n -мерных векторов признаков $X = \{x(1),$

$X = \{x(1), x(2), \dots, x(N)\}$, $x(k) \in X$, $k=1, 2, \dots, N$. Целевая функция, подлежащая минимизации имеет вид [2–3]:

$$E(w_j(k), c_j) = \sum_{k=1}^N \sum_{j=1}^m w_j^\beta(k) d^2(x(k), c_j) \rightarrow \min,$$

при ограничениях:

$$\sum_{j=1}^m w_j(k) = 1, k = 1, \dots, n, 0 < \sum_{k=1}^N w_j(k) < N, j = 1, \dots, m.$$

Здесь $w_j(k) \in [0, 1]$ – уровень принадлежности вектора $x(k)$ к j -му кластеру, c_j – центроид j -го кластера, $d^2(x(k), c_j)$ – расстояние между $x(k)$ и c_j в принятой метрике, β – неотрицательный параметр, именуемый «фаззификатором» (в случае использования $d^2(x(k), c_j)$ в качестве евклидова расстояния, принимается равным 2).

Начальный набор центров прототипов c_j^0 , согласно формуле

$$c_j = \frac{\sum_{k=1}^N w_j^\beta(k) x(k)}{\sum_{k=1}^N w_j^\beta(k)}.$$

На основании рассчитанных центров-прототипов c_j^0 далее вычисляется матрица W_1 согласно формуле

$$w_j = \frac{\left(d^2(x(k), c_j)\right)^{\frac{1}{1-\beta}}}{\sum_{l=1}^m \left(d^2(x(k), c_l)\right)^{\frac{1}{1-\beta}}}.$$

В результате работы алгоритма получим матрицу нечеткого разбиения, в которой пациенты будут разделены на кластеры (диагнозы). Расстояния между $x(k)$ и c_j :

$$d(x(k), c_j) = \sqrt{(x(k) - c_j)^T A_j (x(k) - c_j)},$$

где A_j – матрица, которая может быть определена как обратная нечеткая ковариационная матрица каждого кластера.

Если в качестве матрицы A_j возьмем единичную матрицу, то в результате получим евклидово расстояние $d(x(k), c_j) = \sqrt{(x(k) - c_j)^T (x(k) - c_j)}$, и форма кластеров будет округлая (гипершары).

Распознавание состояния. Задача распознавания состояния сводится к задаче классификации. Далее для решения задачи классификации состояния объекта использовалась вероятностная нейронная сеть.

Активность элемента слоя образцов определялась зависимостью, соответствующей плотности распределения вероятностей согласно закону Стюдента (что уместно и для ограниченных выборок):

$$\rho_{lm} = \rho(\bar{F}_m^* | R_l) = \frac{\Gamma\left(\frac{n+1}{2}\right)}{\sqrt{\pi n} \Gamma\left(\frac{n}{2}\right)} \left(1 + \frac{t_{ml}^2}{n}\right)^{\frac{n+2}{2}},$$

где Γ – гамма-функция Эйлера с n степенями свободы ($n = K_l + K_m - 2$; K_l, K_m – число прецедентов в соответствующих классах, $l, m = 1 \dots M$);

t_{lm} – статистика Стюдента:

$$t_{lm} = \sqrt{\frac{MD_{lm}^2}{\frac{1}{K_l} + \frac{1}{K_m}}},$$

MD_{lm}^2 – расстояние Махаланобиса от неизвестного прецедента (полагая, что он относится к l -му классу) до m -го образца – $MD_{lm}^2 = \frac{1}{A} (\bar{F}^* - \langle \bar{F}_m \rangle)^T \sum_{pooled}^{-1} (\bar{F}^* - \langle \bar{F}_m \rangle)$, где \bar{F}^* – значения проекций вектора ГК наблюдаемых симптомов неизвестного прецедента;

$\langle \bar{F}_m \rangle$ – средние значения проекций вектора ГК наблюдаемых симптомов элемента слоя образцов;

\sum_{pooled} – объединенная ковариационная матрица для рассматриваемых сценариев (классов);

В докладе предлагается новый способ нахождения расстояния между кластерами в алгоритме к-средних.

Список использованных источников

1. Лбов Г. С. Метод адаптивного поиска логической решающей функции / В. М. Неделько, С. В. Неделько // Сиб. журн. индустр. матем. – 12:3 2009. – С. 66–74.
2. Чурюмова И. Г. Система медицинской диагностики на основе нечеткой логики / И. Г. Чурюмова // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2006. – 5/2 (23). – С. 89–91.
3. Чурюмова И. Г. Система донозологической диагностики сердечно-сосудистых заболеваний / И. Г. Чурюмова // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2007. – № 5/4 (29). – С. 31–33.

УДК 681.3(07)

МОДЕЛИРОВАНИЯ АЛГОРИТМА ТОМОГРАФИИ ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩИХ СБОРОК РЕАКТОРА ВВЭР-1000

Г. В. Банзак, к. т. н., доцент

Одесская государственная академия технического регулирования и качества
banzak@mail.ru

Разработан новый алгоритм пассивной томографии ядерного топлива, который использует способ угловых проекций собственного излучения тепловыделяющих сборок.

Banzak G. V. Modelling of algorithm of tomography allocating warmly assembly of reactor AVER-1000. The new algorithm of a passive tomography of nuclear fuel which uses a way angular projections of own radiation allocating warmly assembly is developed.

Ключевые слова: ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩИЕ СБОРКИ, ТОМОГРАФИЯ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА, ИЗЛУЧЕНИЕ.

Keywords: ALLOCATING WARMLY ASSEMBLY, TOMOGRAPHY OF NUCLEAR FUEL, RADIATION.

В большинстве разработанных к настоящему времени методов, как правило, используется активная томография, предполагающая наличие источника излучения, проходящего через обследуемый объект, и приемника (или группы приемников), регистрирующего прошедшее через объект излучение. Для анализа состояния ядерного топлива (ЯТ), в частности, тепло-выделяющих сборок, целесообразно использовать пассивную эмиссионную томографию, основанную на регистрации собственного гамма-излучения продуктов деления (ПД) ЯТ с последующим определением их активности внутри исследуемой тепловыделяющей сборки (ТВС).

Для формирования пространственных проекций поля собственного излучения ТВС возможны несколько способов реализации компьютерной томографии. Вне зависимости от способа реализации компьютерной томографии представляется весьма сложным, с конструктивной точки зрения, радиальное перемещение гамма-детектора или контролируемой ТВС. Поэтому далее компьютерная томография ЯТ исследуется только для угловых проекций собственного излучения ТВС [1, 2].

При расположении детектора в n -й точке наблюдения на расстоянии R_n от оси ТВС измеренная интенсивность гамма-излучения i -го изотопа с энергией E_{γ_j} в точке расположения детектора равна:

$$I_n^i = \sum_m A_{mi} k_{i_j} w_{mn} \varepsilon(E_{\gamma_j}), \quad (1)$$

где A_{mi} – активность i -го изотопа для m -го твэла с учетом его реального состояния;

k_{i_j} – выход гамма-линии с номером j для i -го изотопа;

w_{mn} – коэффициент вклада m -го твэла в интенсивность излучения i -го изотопа с энергией E_{γ_j} , учитывающий эффекты ослабления при распространении пучка гамма-излучения от m -го твэла до n -й точки наблюдения;

$\varepsilon(E_{\gamma_j})$ – эффективность регистрации детектора для энергии E_{γ_j} , $m = 1, \dots, M$, где M – общее число твэлов в ТВС.

При измерениях в выделенном пике полного поглощения конкретного реперного изотопа можно опустить постоянные k_{ij} , $\varepsilon(E_{\gamma_j})$ и записать выражение (1) в упрощенном виде:

$$I_n = \sum_m A_m w_{mn}. \quad (2)$$

Распределение продуктов деления может быть использовано для контроля целостности оболочек твэлов, так как в случае разгерметизации твэла распределения легкоподвижных и мало-подвижных продуктов деления будут отличаться. Увеличение среднего выгорания ЯТ по зоне до 60–70 ГВт·сут/т приводит к существенным значениям локального выгорания. Это позволяет более уверенно идентифицировать негерметичные твэлы.

Таким образом, предложено использование методов алгебраической реконструктивной пассивной томографии (АРТ) для восстановления изображения внутренней структуры тепловыделяющих сборок. С этой целью разработан новый алгоритм пассивной томографии ядерного топлива на примере ВВЭР-1000, который использует способ угловых проекций собственного излучения ТВС. Компьютерные эксперименты томографии данного объекта показали, что оптимальными являются измерения интенсивности излучения в 360 точках расположения детектора относительно оси ТВС для двух и более значений энергии гамма-излучения реперного изотопа ^{134}Cs . В этом случае предложенный метод АРТ позволяет идентифицировать на восстановленных томограммах дефектные твэлы с уровнем протечки более 30 %, а также отсутствие твэлов в ТВС.

Список использованных источников

1. Банзак О. В. Методика проектирования цифрового гамма-спектрометра / О. В. Банзак, А. В. Карпенко, О. В. Маслов, В. А. Мокрицкий // Система обробки інформації. – № 1 (108). – Харків, 2013. – С. 35–38.
2. Банзак О. В. Полупроводниковые детекторы нового поколения для радиационного контроля и дозиметрии ионизирующих излучений: монография / О. В. Банзак, О. В. Маслов, В. А. Мокрицкий; под ред. В. А. Мокрицкого, О. В. Маслова. – Одесса: БМВ, 2013. – 220 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ АППАРАТУРНЫХ СПЕКТРОВ CdZnTe-ДЕТЕКТОРОВ

О. В. Банзак, к. т. н., доцент

Одесская государственная академия технического регулирования и качества

banzak@mail.ru

Разработана методика моделирования аппаратурных спектров, получаемых при измерении собственного гамма-излучения отработавшего ядерного топлива.

Banzak O. V. Modelling of hardware spectra of CdZnTe-detectors. The technique modelling of hardware spectra received at measurement own scale-radiation of fulfilled nuclear fuel is developed.

Ключевые слова: ТВЭЛ, МОДЕЛИРОВАНИЕ АППАРАТУРНЫХ СПЕКТРОВ, ЯДЕРНОЕ ТОПЛИВО.

Keywords: TVEL, MODELLING OF HARDWARE SPECTRA, NUCLEAR FUEL.

Аппаратурный спектр имеет сложный характер из-за особенностей регистрации гамма-излучения пропорциональными детекторами. Кроме того, существуют как естественные, так и технологические ограничения того, насколько точно детектирующая система может зарегистрировать энергию гамма-излучения. Естественное ограничение возникает, в основном, из-за статистических флуктуаций, связанных с процессами образования заряда в детекторе. Поэтому в данной работе для анализа возможности применения изготовленного спектрометра в системе радиационно-технологического контроля состояния ядерного топлива, отработки и отладки алгоритмов и программ обработки измеренных спектров разработана методика моделирования аппаратурных спектров при измерении собственного гамма-излучения отработавшего ядерного топлива при различных глубинах выгорания и степени негерметичности оболочки твэла [2]. Это значительно сократило разработку аппаратной и программной составляющих системы радиационно-технологического контроля, поскольку теоретическая модель спектра исследуемой ТВС позволяет определить чувствительность измерений и выбрать оптимальный алгоритм обработки спектров.

При разработке методики использовано утверждение, что изменениям условий измерений соответствуют линейные необратимые преобразования пространства аппаратных спектров, а спектр i -го компонента при произвольных условиях измерений может быть представлен в виде:

$$\varphi(a) = \sum_{i=0}^L a_i \varphi_i(a), \sum a_i = 1, \quad (1)$$

где $\varphi_i(a)$ – линейно независимые спектры, полученные при предварительных измерениях, причем коэффициенты a_i одинаковы для всех компонентов.

Методика моделирования аппаратных спектров основана на следующих процедурах:

1. Спектр изотопов с большим количеством линий представляется в виде линейной комбинации моноэнергетических спектров с учетом квантового выхода в геометрии «узкого пучка»; для каждого изотопа не учитывается самопоглощение в ТВС.

2. Имитируется изменение моноэнергетического спектра за счет взаимодействия с материалом окружающей технологической среды и топливной матрицей.

3. Первая и вторая процедуры используются для формирования аппаратных спектров смеси изотопов.

Аппаратурный спектр моноэнергетического гамма-излучения в геометрии «узкого пучка» состоит из трех основных компонент – пика полного поглощения, пика вылета и непрерывного распределения в левой части за счет комптоновского рассеяния.

Существует несколько методик моделирования аппаратных спектров регистрации гамма-излучения детекторами на основе CdZnTe и CdTe [2]. Отличие данной методики от известных состоит в том, что не использовалось моделирование распределения напряженности электрического поля в объеме детектора и не применялся метод Монте-Карло для моделирования электрического заряда, индуцированного при первичном взаимодействии гамма-излучения с материалом детектора [2]. Это обусловлено тем, что в применяемых детекторах реализована система электродов, которая создает сферическую геометрию электрического поля. Проверка выполнения условий квазисферичности сбора носителей заряда является ключевым звеном

при изготовлении детектора. Кроме того, моделируется пик вылета, а это не предусматривает ни одна из упомянутых методик.

Разработана методика моделирования аппаратурных спектров, получаемых при измерении собственного гамма-излучения отработавшего ядерного топлива с разной глубиной выгорания и степенью негерметичности оболочки твэла.

Модель спектра исследуемой ТВС позволила определить чувствительность измерений и выбрать оптимальный алгоритм обработки спектров. За счет этого сокращены затраты на разработку аппаратной и программной составляющих системы контроля состояния ядерного топлива.

Список использованных источников

1. Банзак О. В. Методика проектирования цифрового гамма-спектрометра / О. В. Банзак, А. В. Карпенко, О. В. Маслов, В. А. Мокрицкий // Система обробки інформації. – 2013. – № 1 (108). – С. 35–38.
2. Банзак О. В. Полупроводниковые детекторы нового поколения для радиационного контроля и дозиметрии ионизирующих излучений : монография / О. В. Банзак, О. В. Маслов, В. А. Мокрицкий ; под ред. В. А. Мокрицкого, О. В. Маслова. – Одесса : БМВ, 2013. – 220 с.

УДК 519.8+539.3

ІМІТАЦІЙНЕ ТА НЕЧІТКЕ МОДЕЛЮВАННЯ В ОПТИМАЛЬНОМУ ПРОЕКТУВАННІ ТОНКОСТІННИХ КОНСТРУКЦІЙ В УМОВАХ ВИПАДКОВОЇ І НЕЧІТКОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПРО ВИХІДНІ ДАНІ

В. О. Бараненко, д. т. н., професор;

Д. Л. Волчок, к. т. н., доцент

ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

VolchokDL@yandex.ru

Мета дослідження полягає в адаптації методів теорії ймовірності і теорії нечітких множин до задач невизначеної оптимізації в механіці оболонок.

Baranenko V. A., Volchok D. L. Modeling and simulation of fuzzy in the optimal design of thin-walled structures under random and fuzzy information about source data. The purpose is to adapt modern techniques of probability theory and the theory of fuzzy sets to problems of uncertain optimization in mechanics of shells.

Ключові слова: ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, НЕЧІТКІ МНОЖИНИ, ОПТИМІЗАЦІЯ, ОРТОТРОПНА ОБОЛОНКА.

Keywords: SIMULATION MODELING, FUZZY SETS, OPTIMIZATION, ORTHOTROPIC SHELL.

1. Розглядаються дві задачі нелінійної оптимізації

$$(W^*, x^*) = \arg \left\{ \min_x \left| p_j = \text{Prob} \left(g_j(x, u, \xi) \leq 0 \right) \geq \alpha_j \right\}; \quad (1)$$

$$(W^\circ, x^\circ) = \arg \left\{ \min_x \left| \text{Pos} \left(g_j(x, u, \psi) \leq 0 \right) \geq \beta \right\}; \quad j = 1, 2, \dots, m, \quad (2)$$

де α_j, β – задані довірчі рівні; $x = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, $u = \{u_1, u_2, \dots, u_r\}$, $\xi = \{\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_q\}$, $\psi = \{\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_t\}$ – відповідно вектори шука-них змінних, вихідних даних, випадкових та нечітких величин. Припускається, що функції $W(x)$, $g_j(x, u, \xi)$, $g_j(x, u, \psi)$; $j = 1, 2, \dots, w$ є дійснозначні, нелінійні та опуклі. Вказані моделі описують задачі оптимального проектування конструкції в умо-вах невизначеної інформації за критерієм вартості при вико-нанні вимог несучої здатності.

2. Основною складовою реалізації моделі (1) є операція визна-чення ймовірності появи випадкових подій $S_j = g_j(x, u, \xi) \leq 0$, а в моделі (2) є операція визначення можливості $S_j = g_j(x, u, \psi) \leq 0$; $j = 1, 2, \dots, m$. Припускається, що події S_j незалежні.

3. Реалізація операції визначення $\text{Prob}(S_j)$ здійснюється на основі використання методу Монте-Карло. Нехай виконано N незалежних випробувань, в яких генерується випадковий вектор $a_i(\xi_{i1}, \xi_{i2}, \dots, \xi_{iN})$; $i = 1, 2, \dots, q$ у відповідності до заданих функцій $f_i(\xi)$ розподілу. Припускається, що серед векторів, очевидно, є такі, для яких виконуються всі обмеження $g_j(x, u, a) \leq 0$; $j = 1, 2, \dots, m$. Нехай їх число буде N^* , причому $N^* \leq N$. Уведе-мо до розгляду таку функцію

$$s(a_i) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } g_j(x, u, a) \leq 0; j = 1, 2, \dots, m; \\ 0, & \text{в інших випадках.} \end{cases}$$

Тоді число $\sum_{i=1}^N s(a_i)$ буде шуканим числом N^* . Розглянемо відношення $N^* / N = \sum_{i=1}^N s(a_i) / N$. Воно уявляє собою відносну частоту появи випадкової події S_j . У відповідності до теореми підсиленого закону великих чисел із збільшенням N незалежних випробувань відношення збігається до істинної ймовірності p_j події S_j .

4. Алгоритм обчислення можливості $Pos(S_j)$. Виходячи із наперед заданої оцінки можливості α , визначається α -рівневі множини $Q_i(\alpha)$ для $\psi_i = 1, 2, \dots, t$; нечіткої величини ψ як $Q_i = [X_{Li}(\alpha), X_{Ri}(\alpha)]$; $X_{Ri} > X_{Li}$; $0 \leq \alpha \leq 1$, де X_{Li} , X_{Ri} є розв'язком рівняння $\mu(x) = \alpha$, де $\mu(x)$ – функція належності. Із множин Q_i будується множина $Q_i = Q_1 \times Q_2 \times \dots \times Q_t$.

Крок 1. Випадковим чином в множині Q отримується вектор $v = (v_1, v_2, \dots, v_t)$, компоненти якого обчислюються за формулами $v_i = X_{Li} + (X_{Ri} - X_{Li})\zeta$; $\zeta = random$; $\zeta \in [0, 1]$; $i = 1, 2, \dots, b$.

Випадкова величина ζ розподіляється за рівномірним законом.

Крок 2. Обчислюються $U = \max(U, z)$; $G = \min(U, w)$, де $z = \min_j(g_j(x, u, v))$; $w = \max_j(g_j(x, u, v))$; $j = 1, 2, \dots, m$. Початкові значення величини призначаються як $U = -\infty$; $G = \infty$.

Крок 3. Кроки 1–2 повторюються N разів (N – достатньо велике). В результаті будемо мати $W_L(\alpha) = G$; $W_R(\alpha) = U$.

5. Наведені обчислювальні процедури застосовуються для оптимального проектування циліндричної ортотропної оболон-

ки, яка стискається повздовжньою силою F^* . Для неї критерій є маса $W(x) = AhRL$; $A = 2\pi\rho$, а функції обмеження будуть:

$$g_1(x, u, \xi) = Bh^2 \sqrt{\theta(1-\theta)} - F^*; \quad g_2(x, u, \xi) = ChR^3\theta - F^*;$$

$$g_3(x, u, \xi) = DhR^3\sqrt{\theta^2} - F^*; \quad B = \frac{2\pi}{\sqrt{3}}E; \quad C = \frac{\pi^3}{L^2}E; \quad D = 2\pi\sigma_0,$$

де h, R, L – відповідно товщина, радіус та довжина оболонки; θ – відносний зміст армованих волокон в повздовжньому напрямку; E – модуль пружності, σ_0 – границя міцності. Вираз g_1 першого обмеження визначає можливість місцевої втрати стійкості оболонки; g_2 в другій нерівності обмежує значення параметрів оптимізації з урахуванням можливості загальної втрати стійкості оболонки, як стрижня; третє обмеження встановлює границі зміни параметрів h і R з урахуванням можливості руйнування конструкції при стисканні її силою F^* . Вихідними параметрами взято E, σ_0, L , а шуканими змінними взято h, R, θ . Невизначеним параметром взято F^* . Таким чином, виконано адаптацію сучасних підходів «м'яких» обчислень до задачі нелінійного програмування в механіці оболонок.

УДК 519.6

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗРИВНИХ ПРОЦЕСІВ ЩО ЗАЛЕЖАТЬ ВІД ДВОХ ЗМІННИХ (ТРИКУТНІ ЕЛЕМЕНТИ)

В. О. Беляєв, магістр

Бердянський державний педагогічний університет
edi77er@gmail.com

Науковий керівник: О. М. Литвин

Українська інженерно-педагогічна академія
academ_mail@ukr.net

В роботі представляється алгоритм пошуку розривів функції двох змінних за допомогою наближення її розривним апроксимаційним сплайном, а також його чисельна реалізація.

Belyaev V. O. The work presented algorithm breaks the search functions of two variables by using the approach of approximating spline discontinuous and its numerical implementation.

Ключові слова: РОЗРИВНА ФУНКЦІЯ, РОЗРИВНА ІНТЕРПОЛЯЦІЯ, РОЗРИВНА АПРОКСИМАЦІЯ.

Keywords: FUNCTION DISCONTINUOUS, DISCONTINUOUS INTERPOLATION, DISCONTINUOUS APPROXIMATION.

Нехай в області $D = [0; 1]^2$ задана розривна функція двох змінних $f(x, y)$. Нехай D розбита на n довільних трикутників, та інформація про функцію задана у вигляді значень функції $f(x, y)$ у вузлах трикутників області D . Функція $f(x, y)$ має розриви першого роду на границях між цими трикутниками (не обов'язково між всіма). Побудуємо та дослідимо оператор розривної сплайн-інтерполяції для наближення розривної функції.

Розглянемо довільний трикутник $T_i, i = \overline{1, n}$ з вузлами $A_i^{(k)}(x_i^{(k)}, y_i^{(k)})$, $i = \overline{1, n}, k = \overline{1, 3}$.

Вважаємо, що на кожній із сторін заданого трикутника функція $f(x, y)$ може мати (а може і не мати) розриви першого роду, причому в вершинах трикутника функція набуває значень

$$C_i^{(k)} = \lim_{\substack{(x, y) \rightarrow A_i^{(k)} \\ (x, y) \in T_i}} f(x, y), \quad i = \overline{1, n}, k = \overline{1, 2, 3}.$$

Визначення 1. Будемо називати розривним інтерполяційним лінійним поліноміальним сплайном в області $T_i \subset D, i = \overline{1, n}$ наступну функцію

$$s_i(x, y) = C_i^{(1)} \frac{\omega_i^{(3)}(x, y)}{\omega_i^{(3)}(A_i^{(1)})} + C_i^{(2)} \frac{\omega_i^{(2)}(x, y)}{\omega_i^{(2)}(A_i^{(2)})} + C_i^{(3)} \frac{\omega_i^{(1)}(x, y)}{\omega_i^{(1)}(A_i^{(3)})}, \quad (1)$$

$$\omega_i^{(k)}(x, y) = y - y_i^{(k)} - \frac{(x - x_i^{(k)})(y_i^{(k+1)} - y_i^{(k)})}{x_i^{(k+1)} - x_i^{(k)}} - \text{рівняння сторін.}$$

Зауваження. Якщо значення функції у вузлах трикутної сітки невідомі, то для знаходження невідомих коефіцієнтів $C_i^{(k)}, k = \overline{1, 2, 3}, i = \overline{1, n}$ пропонується використовувати метод най-

менших квадратів, згідно з яким всі невідомі знаходяться з умови

$$J_i(C) = \sum_{T_i \subset D} \iint_{T_i} [f(x, y) - s_i(x, y, C)]^2 dx dy \rightarrow \min_C. \quad (2)$$

И тоді отримаємо апроксимаційний розривний лінійний сплайн. Ця теорія розглянута на прикладі.

Приклад. Нехай задані вузли триангуляції одиничного квадрата $D = [0; 1]^2$: $X1 = \{0, 0, 0.3, 0.3, 0, 0\}$, $Y1 = \{0, 1, 0.7, 0.4, 0, 0\}$, $X2 = \{0, 0.3, 0.6, 1, 0.6, 0.3\}$, $Y1 = \{1, 0.7, 0.4, 1, 0.4, 0.7\}$, $X3 = \{0.3, 1, 1, 1, 0.6\}$, $Y3 = \{0.7, 1, 1, 0, 0.4\}$.

Тобто одиничний квадрат розбито на 6 довільних трикутників: $T_1 = \{(x, y) \in D : 0 < x < 0.3; 7x/3 < y < 1 - x\}$;

$$T_2 = \{(x, y) \in D : 1 - y < x < 0.3 + 7/3(y - 0.7); 0.7 < y < 1\};$$

$$T_3 = \{(x, y) \in D : 0.3 < x < 0.6; 1 - x < y < 0.7 + 3/7(x - 0.3)\} \cup \\ \cup \{(x, y) \in D : 0.6 \leq x < 1; 0.4 + 0.5(x - 0.6) < y < 0.7 + 3/7(x - 0.3)\};$$

$$T_4 = \{(x, y) \in D : 0.6 < x < 1; 1 - x < y < 0.4 + 0.5(x - 0.6)\};$$

$$T_5 = \{(x, y) \in D : 0.5y < x < 1 - y; 0 < y < 0.4\};$$

$$T_6 = \{(x, y) \in D : 0 < x < 0.3; 2x/3 < y < 3x/7\} \cup \\ \cup \{(x, y) \in D : 0.3 \leq x < 0.7; 2x/3 < y < 1 - x\}.$$

Нехай в області D задана розривна функція $f(x, y)$, яка має розриви на лініях заданої триангуляції, але не на всіх.

$$f(x, y) = \begin{cases} 1, & 0 < x < 0.6; 2x/3 < y < 1 - x \\ x, & 0.7 < y < 1; 0.3 + 7/3(y - 0.7) \\ 3 - x, & 0.3 < x < 1; 1 - x < y < 0.7 + 3/7(x - 0.3) \\ -2x^2 + 2, & 0 < y < 0.4; 0.5y < x < 1 - y \end{cases}$$

Функція $f(x, y)$ має розриви першого роду у вузлах заданої трикутної сітки та в них має задані значення.

В кожному трикутному елементі побудуємо інтерполяційний сплайн $S(x, y)$ у вигляді формули (1). Після знаходження за формулою (2) невідомих коефіцієнтів, отримаємо сплайн вигляду

$$S(x, y) = \begin{cases} 1, & 0 < x < 0,6; 2x/3 < y < 1-x \\ x, & 0,7 < y < 1; 0,3 + 7/3(y-0,7) \\ 3-x, & 0,3 < x < 1; 1-x < y < 0,7 + 3/7(x-0,3) \\ -2.1x + 0.5y + 2.4, & 0 < y < 0.4; 3y/7 < x < 1-y \end{cases}$$

Побудований розривний сплайн точно наближує ту частину функції, де вона є постійною або лінійною, хоча функція розривна не на всіх лініях трикутної сітки, що підтверджує викладену вище теорію.

Список використаних джерел

1. Литвин О. М. Математичне моделювання процесів, розривних на лініях триангуляції / Литвин О. М., Першина Ю. І. // Научно-технический журнал «Искусственный интеллект». – № 3. – Донецьк, 2012. – С. 267–275.

УДК 519.8

ЧИСЕЛЬНИЙ МЕТОД ПОШУКУ НУЛІВ ЯК ГЛАДКИХ, ТАК І НЕГЛАДКИХ ФУНКЦІЙ

Р. Р. Бігун, аспірант

Львівський національний університет імені Івана Франка
bigunroman@ukr.net

Г. Г. Цегелик, д. ф.-м. н., професор

Львівський національний університет імені Івана Франка
kafmmser@franko.lviv.ua

В статті розглядається побудова нового чисельного методу пошуку нулів функції на заданому відрізьку.

Bihun R. R., Tsehelyk G. G. Numerical method for finding zero of smooth and nonsmooth function. In the article are discussed the construction of a new numerical method for finding zeros of function in a specified range.

Ключові слова: НУЛЬ ФУНКЦІЇ, МІНОРАНТА НЬЮТОНА.
Keywords: ZERO OF FUNCTION, NEWTON'S MINORANT.

Нехай треба знайти всі корені (нулі) функції $f(x)$ на заданому проміжку $[a, b]$, тобто шукатимемо розв'язок рівняння $f(x) = 0$. Якщо $f(x) = 0$, то і $|f(x)| = 0$. Нехай

$$\tilde{f}(x) = 1 + |f(x)|$$

і

$$\tilde{f}(x_i) = a_i \quad (i = 0, 1, \dots, n).$$

Алгоритм методу. Алгоритм методу складається із чотирьох кроків. На першому кроці перевіряємо чи точки $x = a$ і $x = b$ не є коренями функції $f(x)$. Якщо точка $x = a$ є коренем функції $f(x)$, то приймаємо $x_i = a$ і переходимо до четвертого кроку. У протилежному випадку переходимо до другого кроку, на якому обчислюємо

$$\tilde{r}_i = \left(\frac{a_{k-1}}{a_k} \right)^{\frac{1}{h}}, \quad k = 1, 2, \dots, n-1$$

доти, поки для деякого $k = i$ не виконаються умови

$$\tilde{r}_i \geq 1, \quad \tilde{r}_{i+1} \leq 1.$$

Якщо при цьому $|f(x_i)| < h$, то точка x_i з точністю h приймаємо за нуль функції $f(x)$ і відбувається перехід до четвертого кроку. Якщо умова $|f(x_i)| < h$ не виконується, то відбувається перехід до третього кроку.

На третьому кроці обчислюємо

$$\tilde{r}_{i+l} = \frac{a_i}{a_{i+l}}, \quad l = 1, 2, \dots, n - i - 1$$

доти, поки для деякого l не виконаються умови

$$\tilde{r}_{i+l} \geq 1, \quad \tilde{r}_{i+l+1} \leq 1, \quad |f(x_{i+l})| < h. \quad (1)$$

Якщо умови (1) виконалися, то точка x_{i+l} є нулем функції $f(h)$ з точністю h і відбувається перехід на четвертий крок. Якщо умови (1) не виконуються ні при жодному l , то функція $f(x)$ не має нулів, хіба що $x = a$ і $x = b$.

На четвертому кроці за початкову точку вибираємо точку x_i , знайдену на деякому з попередніх кроків. Обчислюємо \tilde{r}_{i+k} за формулою:

$$\tilde{r}_{i+k} = \frac{a_i}{a_{i+k}}, \quad k = 1, 2, \dots, n - i - 1.$$

Тоді, якщо $|1 - \tilde{r}_{i+k}| > h, |1 - \tilde{r}_{i+k+1}| > h$, то точку x_{i+k} приймаємо як корінь функції $f(x)$ з точністю h .

Теорема 1. Для знаходження нулів функції $f(x)$ за наведеним вище алгоритмом необхідно $O(n)$ часу.

Доведення. Очевидно, оскільки ми проходимося по кожному розбитті один раз.

Список використаних джерел

1. Bihun R. R. Numerical Method for Finding All Points of Extremum of Random as Smooth and Non-Smooth Functions of One Variable / R. R. Bihun, G. G. Tsehelyk // Global Journal of Science Frontier Research: F Mathematics and Decision Sciences. – 2015. – Vol. 15 Issue 2. – P. 87–93.
2. Bihun R. R. Device of non-classical Newton's minorant of functions of two real table-like variables and its application in numerical analysis / R. R. Bihun, G. G. Tsehelyk // International Journal of Information and Communication Technology Research. – 2014. – Vol. 4 № 7. – P. 284–287.

ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОТИ З СИСТЕМАМИ ЛІНІЙНИХ АЛГЕБРАІЧНИХ РІВНЯНЬ В СКІНЧЕННО- ЕЛЕМЕНТНОМУ РОЗВ'ЯЗУВАЧІ NADRA-3D

М. В. Білоус, к. ф.-м. н.

Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України
maksbilous@ukr.net

У статті розглядається механізм інтеграції різних алгоритмів розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь у скінченно-елементний розв'язувач.

Bilous M. V. Organization of work with systems of linear equations in finite element solver Nadra-3D. In the article a mechanism for integration of different algorithms for solving systems of linear equations in finite element solver is discussed.

Ключові слова: СИСТЕМИ ЛІНІЙНИХ РІВНЯНЬ, МЕТОД СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ, NADRA-3D.

Keywords: SYSTEMS OF LINEAR EQUATIONS, FINITE ELEMENT METHOD, NADRA-3D.

Обчислювальні схеми розв'язання систем диференціальних рівнянь за методом скінченних елементів (МСЕ) зводять вихідну задачу до (багатократної) побудови та чисельного знаходження розв'язків систем лінійних алгебраїчних рівнянь (СЛАР). При цьому швидкість роботи програми розв'язання СЛАР має суттєвий вплив на швидкість роботи всього алгоритму. Механізми прискорення обчислень в розв'язувачах СЛАР включають максимальне врахування структури матриці (її розрізності, симетричності), використання паралельних обчислень та реалізацію алгоритмів для графічних прискорювачів. В свою чергу програма побудови СЛАР (програмна реалізація обчислювальної схеми МСЕ) має враховувати вимоги до структур вхідних даних розв'язувача СЛАР.

У розробленому в Інституті кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України програмному каркасі Nadra-3D та створеному на його основі скінченно-елементному розв'язувачі Nadra-3D [1] застосовано підхід, який дозволяє використовувати різні програмні реалізації алгоритмів розв'язання СЛАР без модифікації коду модулів побудови матриць та векторів. Для цього реалізо-

вано набір абстрактних класів опису матриць, векторів, систем лінійних рівнянь та розв'язувачів СЛАР. На рівні цих класів визначено програмні інтерфейси доступу до елементів СЛАР, інтерфейси алгебраїчних операцій, інтерфейси ініціалізації розв'язувачів та їх запуску для виконання розрахунків. Усі операції над матрицями та векторами, а також операції розв'язання СЛАР виконуються модулями програмного каркасу виключно за допомогою методів цих базових класів.

Додавання до програмного каркасу нової схеми роботи з оперативною пам'яттю або нового розв'язувача СЛАР виконується шляхом реалізації набору нащадків зазначених базових класів та реєстрації його в підсистемі роботи зі СЛАР.

За описаним механізмом реалізовано наступні можливості.

1. Інтегровано розроблену в Інституті кібернетики програму розв'язання СЛАР з симетричною додатньо визначеною матрицею стрічкової структури методом LDL^T розкладу [2]. Ця програма використовує рядково-циклічну схему розміщення СЛАР в оперативній пам'яті.

2. Інтегровано розв'язувач DSS (Direct Sparse Solver) для розріджених матриць з бібліотеки Intel MKL [3]. Ця програма вимагає використання формату CSR (Compressed Sparse Row) для зберігання матриці СЛАР в оперативній пам'яті. Цей формат не є зручним на етапі генерування СЛАР МСЕ, оскільки структура ненульових елементів матриці тоді ще невідома, тому замість набору класів для схеми CSR реалізовано класи для роботи з розрідженими матрицями в координатному форматі, які дозволяють виконати конвертацію внутрішніх даних у формат CSR перед викликом розв'язувача DSS.

3. Реалізовано клас для роботи з розв'язувачами СЛАР, представленими у вигляді окремих виконуваних файлів. Цей клас використовує методи класів опису матриць та векторів для збереження даних у файли, генерує системний виклик для командного рядка з параметрами зовнішньої програми-розв'язувача (завантажується з файлу налаштувань), чекає на завершення роботи цієї програми та виконує завантаження знайденого розв'язку з файлу. Оскільки усі нащадки базових класів для матриць та векторів мають реалізувати операції збереження даних в файли визначеного формату, використовувати зовнішні розв'язувачі можна з усіма підтримуваними системою схемами розміщення СЛАР в оперативній пам'яті. Через інтерфейс виклику зовніш-

нього розв'язувача СЛАР в каркасі Nadra-3D організована робота зі створеними в Інституті кібернетики імені В. М. Глушкова програмами розв'язання СЛАР зі стрічковими [4] та розрідженими [5] додатньо визначеними матрицями на комп'ютерах гібридної архітектури.

Розглянутий в доповіді підхід забезпечує гнучке налаштування розв'язувача СЛАР у складі пакету скінченно-елементного моделювання в залежності від наявних бібліотек та технічних характеристик обчислювального комплексу.

Список використаних джерел

1. Белоус М. В. Конечно-элементный решатель Надра-3D / Белоус М. В. // Материалы II-й международной конференции «Классические вычисления», Львов, 3–5 июня 2013. – С. 40–47.
2. Попов А. В. Параллельный алгоритм решения системы линейных алгебраических уравнений с ленточной симметричной матрицей / А. В. Попов, А. Н. Химич // Компьютерная математика. – 2005. – № 2. – С. 52–59.
3. <https://software.intel.com/en-us/node/521696>.
4. Баранов А. Ю. Гибридные алгоритмы решения линейных систем для конечно-элементного моделирования процессов фильтрации / А. Ю. Баранов, М. В. Белоус, И. В. Сергиенко, А. Н. Химич // Кибернетика и системный анализ. – 2015. – Том 51, №4. – С. 112 – 120.
5. Хімич О. М. Плитковий гібридний алгоритм факторизації розріджених блочно-діагональних матриць з обрамленням / О. М. Хімич, В. А. Сидорук // Комп'ютерна математика. – 2016. – № 1. – С. 72–79.

УДК 004.01

ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЕКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

І. А. Гетьман, к. т. н.;

Л. В. Васильєва, к. т. н., доцент

Донбаська державна машинобудівна академія

getman_irina@ukr.net, vasilyeval@ukr.net

В статті розглядається питання технології проектування інформаційних систем для проведення досліджень об'єкта автоматизації.

Getman I. A., Vasilyeva L. V. Technology Design of Information Systems. In article are discussed questions of technology of design of information systems for research automation object.

Ключові слова: ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ, CASE-ТЕХНОЛОГІЇ, ОБ'ЄКТНО-ОРІЄНТОВАНИЙ АНАЛІЗ.

Keywords: INFORMATIONS SYSTEMS, CASE-TECHNOLOGY, OBJECT-ORIENTED ANALYSIS.

Життєвий цикл інформаційних систем (ІС) практично в кожен момент часу має відношення до деякого технологічного процесу, до деякого інструментального засобу проектування, що потребує не тільки знання кожного з цих напрямків, але і розуміння найтісніших зв'язків і залежностей між ними. Для предметної області проектування групи знань виглядають так: фундаментальні знання теорії інформаційних систем; знання методологій, технологій, методів, засобів проектування; знання особливостей конкретних програмних інструментальних засобів, що використовуються на різних етапах проектування ІС. За останнє десятиліття в області засобів автоматизації програмування сформувався новий напрям під загальною назвою CASE-технології (Computer Aided Software Engineering). CASE-технологія являє собою сукупність засобів системного аналізу, проектування, розробки і супроводу складних програмних систем, підтримуваних комплексом взаємопов'язаних інструментальних засобів автоматизації всіх етапів розробки програм.

Основною метою CASE-технології є розмежування процесу проектування програмних продуктів від процесу кодування і наступних етапів розробки, максимально автоматизувати процес розробки. Для виконання поставленої мети CASE-технології використовують два принципово різних підходи до проектування: структурний і об'єктно-орієнтований.

Структурний підхід має на увазі використання певних загальноприйнятих методологій при моделюванні різних інформаційних систем: SADT (Structured Analysis and Design Technique), DFD (DataFlowDiagrams), ERD (Entity-RelationshipDiagrams).

Основним інструментом об'єктно-орієнтованого підходу є мова UML – уніфікована мова моделювання, яка призначена для візуалізації та документування об'єктно-орієнтованих систем з орієнтацією їх на розробку програмного забезпечення. Дана

мова включає в себе систему різних діаграм, на підставі яких може бути побудовано уявлення про проектовану систему.

Найбільш популярні інструментальні засоби, що реалізують CASE-технологію, це Sybase PowerDesigner, ERwin та RationalRose.

Sybase PowerDesigner – інструментарій для створення бізнес-додатків, що включає в себе засоби моделювання бізнес-процесів, можливості концептуального і фізичного проектування баз даних.

До основних переваг можна віднести: підтримку всіх стандартних типів діаграм UML 2.0; генерацію вихідного коду C#, C++, Java, PowerBuilder, VisualBasic; підтримку зворотного інжинірингу для Java, PowerBuilder, VisualBasic; підтримку баз даних IBM DB2, Informix, Ingres, InterBase, Access, MS SQL, Oracle, PostgreSQL, Sybase AS Anywhere і Enterprise.

ERwin є засобом концептуального моделювання баз даних. ERwin випускається в декількох різних конфігураціях, орієнтованих на найбільш поширені засоби розробки додатків 4GL. До основних переваг можна віднести: підтримку 20 різних СУБД; наявність двох вбудованих будівників шаблонів звітів; можливість перенесення структури бази даних з СУБД одного типу в СУБД іншого.

RationalRose – засіб фірми RationalSoftwareCorporation призначений для автоматизації етапів аналізу і проектування ПЗ, а також для генерації кодів на різних мовах програмування і випуску проектної документації.

До основних переваг IBM Rational Rose можна віднести: підтримку більшості типів UML-діаграм; підтримку генерації вихідного коду для мов C++, Smalltalk, PowerBuilder, Ada, SQLWindows і ObjectPro; можливість інтеграції з MS Visual Studio 6; інтеграцію із засобом PVCS для організації групової роботи і управління проектом.

Ці питання розглядаються під час вивчення дисципліни «Проектування інформаційних систем». Її мета: розвинути здатність використовувати основні методології, технології проектування інформаційних систем, закласти фундамент для проведення досліджень об'єкта автоматизації (підприємство, фірма, установа і т. д.), навчити застосовувати методи системного аналізу і системного синтезу при проектуванні ІС. Завдання ви-

вчення дисципліни: дати студентам теоретичні знання з проектування інформаційних систем, знання в області аналізу систем, побудови ІС різної архітектури, проектування призначеного для користувача інтерфейсу програмного забезпечення, розвинути навички структурного і об'єктно-орієнтованого аналізу проектування систем, навчити студентів розробляти інформаційні системи для вирішення широкого кола завдань з використанням Case-технологій.

Список використаних джерел

1. Проектування інформаційних систем : посібник / за ред. В. С. Пономаренка. – Київ : Академія, 2002. – 488 с.
2. Недашківський О. Л. Планування та проектування інформаційних систем / О. Л. Недашківський. – Київ, 2014. – 215 с.

УДК 517.176

ПРО НОВІ ФОРМУЛИ ДЛЯ ЧИСЕЛ ФІБОНАЧЧІ

Т. П. Гой, к. ф.-м. н., доцент

ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника»
tarasgoy@yahoo.com

У статті встановлені формули для обчислення визначників матриць Тепліца – Гессенберга спеціального вигляду, елементами яких є числа Фібоначчі. Це дозволило отримати деякі нові формули для чисел Фібоначчі.

Goy T. P. On new formulae for Fibonacci numbers. In this paper, we investigate some families of Toeplitz – Hessenbers determinants the entries of which are the Fibonacci numbers. These studies have led us to discover new Fibonacci identities.

Ключові слова: ПОСЛІДОВНІСТЬ ФІБОНАЧЧІ, МАТРИЦЯ ТЕПЛІЦА – ГЕССЕНБЕРГА, ВИЗНАЧНИК.

Keywords: FIBONACCI SEQUENCE, TOEPLITZ – HESSENBERG MATRIX, DETERMINANT.

Матрицею Тепліца – Гессенберга n -го порядку називають матрицю вигляду

$$A_n = \begin{pmatrix} a_1 & a_0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ a_2 & a_1 & a_0 & \cdots & 0 & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{n-1} & a_{n-2} & a_{n-3} & \cdots & a_1 & a_0 \\ a_n & a_{n-1} & a_{n-2} & \cdots & a_2 & a_1 \end{pmatrix}, \quad (1)$$

де $a_0 \neq 0$ і $a_k \neq 0$ хоча б для одного $k \in \{1, 2, \dots, n\}$.

Справджується формула [6]

$$\det(A_n) = (-a_0)^n \sum_{s_1 + 2s_2 + \cdots + ns_n = n} (-1)^{s_1 + \cdots + s_n} \frac{(s_1 + \cdots + s_n)!}{s_1! \cdots s_n!} \frac{a_1^{s_1} \cdots a_n^{s_n}}{a_0^{s_1 + \cdots + s_n}}, \quad (2)$$

де підсумовування здійснюється за усіма невід'ємними цілими числами, що задовольняють рівність $s_1 + 2s_2 + \cdots + ns_n = n$.

Нехай $\{F_n\}_{n \geq 0}$ – послідовність Фібоначчі, тобто послідовність цілих чисел, які задовольняють рекурентне рівняння

$$F_n = F_{n-1} + F_{n-2}, \quad n \geq 2,$$

з початковими умовами $F_0 = 0$, $F_1 = 1$.

Відомо, що числа Фібоначчі володіють багатьма чудовими властивостями та мають численні застосування, зокрема, у теорії інформації [1, 4, 5, 7].

Твердження 1. Справджуються формули

$$\det(1, F_0, F_1, \dots, F_{n-1}) = (-1)^{n-1}, \quad n \geq 2,$$

$$\det(1, F_1, F_2, \dots, F_n) = \frac{1 - (-1)^n}{2}, \quad n \geq 1,$$

$$\det(1, F_2, F_3, \dots, F_{2n+1}) = 0, \quad n \geq 3,$$

$$\det(1, F_0, F_2, \dots, F_{2n-2}) = (-1)^n (1 - 2^{n-1}), \quad n \geq 1,$$

$$\det(1, F_2, F_4, \dots, F_{2n}) = (-1)^{n-1} n, \quad n \geq 1,$$

$$\det(1, F_1, F_3, \dots, F_{2n-1}) = -(-2)^{n-2}, \quad n \geq 2,$$

$$\det(1, F_3, F_5, \dots, F_{2n+1}) = (-1)^{n-1}, \quad n \geq 2.$$

Усі формули Твердження 1 можна довести за допомогою методу математичної індукції.

Використовуючи до визначників з Твердження 1 формулу (2) та виконуючи нескладні перетворення, одержано нові формули для сум добутків чисел Фібоначчі (послідовних, з парними і непарними індексами).

Твердження 2. *Справджуються формули*

$$\sum_{s_1+2s_2+\dots+ns_n=n} (-1)^{s_1+\dots+s_n} \frac{(s_1+\dots+s_n)!}{s_1! \dots s_n!} F_0^{s_1} F_1^{s_2} \dots F_{n-1}^{s_n} = -1, \quad n \geq 2,$$

$$\sum_{s_1+2s_2+\dots+ns_n=n} (-1)^{s_1+\dots+s_n} \frac{(s_1+\dots+s_n)!}{s_1! \dots s_n!} F_1^{s_1} F_2^{s_2} \dots F_n^{s_n} = \frac{(-1)^n - 1}{2}, \quad n \geq 1,$$

$$\sum_{s_1+2s_2+\dots+ns_n=n} (-1)^{s_1+\dots+s_n} \frac{(s_1+\dots+s_n)!}{s_1! \dots s_n!} F_2^{s_1} F_3^{s_2} \dots F_{n+1}^{s_n} = 0, \quad n \geq 3,$$

$$\sum_{s_1+2s_2+\dots+ns_n=n} (-1)^{s_1+\dots+s_n} \frac{(s_1+\dots+s_n)!}{s_1! \dots s_n!} F_0^{s_1} F_2^{s_2} \dots F_{2n-2}^{s_n} = 1 - 2^{n-1}, \quad n \geq 1,$$

$$\sum_{s_1+2s_2+\dots+ns_n=n} (-1)^{s_1+\dots+s_n} \frac{(s_1+\dots+s_n)!}{s_1! \dots s_n!} F_2^{s_1} F_4^{s_2} \dots F_{2n}^{s_n} = -n, \quad n \geq 1,$$

$$\sum_{s_1+2s_2+\dots+ns_n=n} (-1)^{s_1+\dots+s_n} \frac{(s_1+\dots+s_n)!}{s_1! \dots s_n!} F_1^{s_1} F_3^{s_2} \dots F_{2n-1}^{s_n} = -2^{n-2}, \quad n \geq 2,$$

$$\sum_{s_1+2s_2+\dots+ns_n=n} (-1)^{s_1+\dots+s_n} \frac{(s_1+\dots+s_n)!}{s_1! \dots s_n!} F_3^{s_1} F_5^{s_2} \dots F_{2n+1}^{s_n} = -1, \quad n \geq 2,$$

де підсумовування здійснюється за усіма невід'ємними цілими числами, що задовольняють рівність $s_1 + 2s_2 + \dots + ns_n = n$.

Деякі з наведених формул анонсовані в [2, 3].

Висновки. Доведені нові формули для обчислення визначників матриць Тепліца – Гессенберга спеціального вигляду, елементами яких є числа Фібоначчі (послідовні, з парними чи непарними індексами). Як наслідок, отримані деякі нові формули для сум добутоків чисел Фібоначчі з поліноміальними коефіцієнтами.

Список використаних джерел

1. Воробьев Н. Н. Числа Фибоначчи / Н. Н. Воробьев. – Москва : Наука, 1984. – 144 с.
2. Goy T. Elementary problems and solutions. Problem B-1192 / T. Goy // Fibonacci Quarterly. – 2016. – Vol. 54 (3). – P. 272.
3. Goy T. Elementary problems and solutions. Problem B-1210 / T. Goy // Fibonacci Quarterly. – 2017. – Vol. 55(2) (*to appear*).
4. Hoggatt V. E. Fibonacci and Lucas Numbers / V. E. Hoggatt. – Boston : Houghton Mifflin, 1969.
5. Koshy T. Fibonacci and Lucas Numbers and Application / T. Koshy. – New York : John Wiley & Sons, 2001.
6. Merca M. A note on the determinant of a Toeplitz-Hessenberg matrix / M. Merca // Special Matrices. – 2013. – Vol. 1. – P. 10–16.
7. Vajda S. Fibonacci and Lucas Numbers, and the Golden Section: Theory and Application / S. Vajda. – Chichester : Ellis Horwood, 1989.

УДК 004.65

ПРОЕКТУВАННЯ БАЗИ ДАНИХ НАУКОВИХ ПУБЛІКАЦІЙ КАФЕДРИ ДЛЯ ВЕБ-РЕСУРСУ ТА РОБОТА З НЕЮ

Віталій Голубенко, студент групи І-21і, напряму «Інформатика»

Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі»

veysmiks22@gmail.com

В статті розглядається мета проекту та технології використані під час проектування бази даних та технології, які будуть використані при розробці майбутнього веб-ресурсу для кафедри математичного моделювання та соціальної інформатики.

Holubenko V. O. Designing a database of scientific publications department web-resource and work with it. In the article are discussed technology objective of the project and used during database design and technology that will be used to develop future web-resource of mathematical modeling and social science.

Ключові слова: БАЗА ДАНИХ, ВЕБ-РЕСУРС, ЛОКАЛЬНИЙ СЕРВЕР, ФРЕЙМБОРК, ПУБЛІКАЦІЇ.

Keywords: RESOURCE, LOCAL SERVER, FRAMEWORKS, PUBLICATION.

Постановка задачі.

Мета проекту створення бази даних публікацій. Передбачається, що спроектовану базу даних буде використано для створення веб-ресурсу кафедри. З цього випливає необхідність врахувати технології, які будуть використовуватися для написання веб-ресурсу.

Для проектування необхідно проаналізувати та вибрати технології, які будуть використовуватися під час розробки проекту, а саме: потрібні мови програмування, середовище розробки бази даних, необхідне програмне забезпечення для роботи.

Для проектування бази даних вибрано локальний веб-сервер, який найбільше відповідає потребам – це локальний веб-сервер *OpenServer 5.2.3*, який має всі необхідні «інструменти» як для проектування бази даних, так і для розробки майбутнього веб-ресурсу.

Для проектування бази даних використано веб-додаток з відкритим кодом *phpMyAdmin*. Цей вибір обґрунтовується тим, що цей додаток дає змогу адмініструвати СКБД *MySQL* у веб-інтерфейсі, запускати команди *SQL*. Також він дозволяє переглядати зміст таблиць і баз даних та надає можливість їх редагувати, а також в тому ж інтерфейсі створювати *SQL*-запити. Для доступу використано раніше створений логін: *root* та пароль: *admin*.

Після аналізу різних фреймворків та мов програмування за функціональністю обрано фреймворки *Bootstrap* та *jQuery*, мови програмування *PHP* та *JavaScript*, мову розмітки *HTML* та мову стилю *CSS*. Всі дані на сторінках веб-ресурсу будуть розміщені за допомогою мови розмітки *HTML*.

Bootstrap – це вільний набір інструментів для створення сайтів і веб-додатків, який включає в себе *HTML*- і *CSS*-шаблони оформлення для типографіки, веб-форм, кнопок, міток, меню, блоків навігації тощо, включаючи *JavaScript*-розширення. Це значно спростить і пришвидшить розробку та швидкодію майбутнього веб-ресурсу.

Розробка програмного коду проводитиметься в редакторі коду *Atom*. В цьому редакторі перевагою є зручна функція під-

свічування коду. В ньому також корисним є візуальний інтерфейс для налаштувань і встановлення плагінів, в яких можна прочитати опис доповнення і кількість встановлень. Запуск та розробка бази даних проводитиметься за допомогою локального серверу *OpenServer x64*. *OpenServer* – це портативна платформа і програмне середовище, яка створена спеціально для веб-розробників, з урахуванням їх рекомендацій та побажань. На сторінках веб-ресурсу буде використана блокова верстка даних. Програмний комплекс має великий набір серверного програмного забезпечення, зручний, багатофункціональний продуманий інтерфейс. Також платформа використовується для розробки, відновлення та тестування веб-проектів, а також для запуску веб-сервісів в локальних мережах.

Також розроблений веб-ресурс буде мати декілька таблиць окремих, такі як: опис статті, автори, мова статті, посилання на адресу публікації, тип публікації, таблиці вибірок публікацій за різними параметрами. Буде створено додаткові бонуси веб-ресурсу. Наприклад, можливість експортувати будь-яку публікацію в різне програмне середовище, продивитися статистику використання та переглядів матеріалу, вибрати найбільш популярний. Буде створено можливість групування публікацій за різними категоріями: за роками, за авторами та виведення списку публікацій в алфавітному порядку та у зворотному алфавітному порядку.

Список використаних джерел

1. Прохоренко Н. А. HTML, JavaScript, PHP и MySQL. Джентльменский набор Web-мастера / Н. А. Прохоренко. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2011. – 785 с.
2. Котеров П. А. PHP5 в подлиннике / П. А. Котеров, Д. М. Костарев. – Санкт-Петербург : Питер, 2008. – 1107 с.
3. Джамеа К. Эффективный самоучитель по креативному Web-дизайну. HTML, XHTML, CSS, JavaScript, PHP, ASP, ActiveX / К. Джамеа. – Москва : ООО «ДиаСофтЮП», 2005. – 672 с.
4. Матросов А. В. HTML 4.0 / А. В. Матросов, А. О. Сергеев, М. П. Чаунин. – Санкт-Петербург : БВХ-Петербург, 2007. – 672 с.
5. Яргер Р. MySQL и mSQL. Базы данных для небольших предприятий и Интернета / Р. Яргер, Дж. Риз, Т. Кинг. – Санкт-Петербург : Символ-Плюс, 2008 – 560 с.
6. Yank K. Build Your Own Database Driven Web Site Using PHP & MySQL / Kevin Yank. – 2009.

7. Ємець О. О. Методичні рекомендації щодо оформлення пояснювальних записок до курсових проектів (робіт) для студентів напряму підготовки 6.040302 «Інформатика» та спеціальності 7.04030203, 8.04030203 «Соціальна інформатика» / О. О. Ємець, Ол-ра О. Ємець. – Полтава : ПУЕТ, 2013. – 60 с.
8. Інформація та документація. Скорочення слів в українській мові у бібліографічному описі. Загальні вимоги та правила : ДСТУ 3582-97. – Київ : Держстандарт, 1998. – 59 с.
9. Единая система программной документации. Общее описание. Требования к содержанию и оформлению : ГОСТ 19.502-78. – Москва : Изд-во стандартов, 1978. – 2 с.

УДК 519.8

ПИТАННЯ ОПТИМАЛЬНОСТІ ЗМІН СЕРЕДНЬОЇ ЗАРОБІТНОЇ ПЛАТИ І КАПІТАЛЬНИХ ІНВЕСТИЦІЙ РАЙОНІВ ПОЛТАВЩИНИ У 2015–2016 рр.

В. М. Горбачук, д. ф.-м. н., с. н. с.

Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України
GorbachukVasyl@netscape.net

П. Г. Неботов, магістр

Державний науково-дослідний інститут інформатизації та моделювання економіки Міністерства економічного розвитку і торгівлі України

В. І. Новодережкін, магістр

Державний науково-дослідний інститут інформатизації та моделювання економіки Міністерства економічного розвитку і торгівлі України

Показано, що економічні лідери Полтавщини – Полтава, Глобинський, Диканський і Шишацький райони.

Gorbachuk V. M., Nebotov P. H., Novoderezhkin V. I. The optimality issues for average wage and capital investment changes of Poltavshchyna districts in 2015–2016. It is shown the economic leaders of Poltavshchyna are Poltava, Hlobyns'ky, Dykans'ky, and Shyshats'ky districts.

Ключові слова: ОПТИМІЗАЦІЯ, ЗАРОБІТНА ПЛАТА, КАПІТАЛЬНІ ІНВЕСТИЦІЇ, ПОЛТАВЩИНА.

Keywords: OPTIMIZATION, WAGE, CAPITAL INVESTMENTS, POLTAVSHCHYNA.

Для 25 районів Полтавщини за 2015 р. вимірювалися у гривнях реалізована промислова продукція на душу населення

(РППД), капітальні інвестиції на душу населення (КІД), річна зарплата (РЗП) [1] (табл. 1), а за перші 6 місяців 2016 р. (2016:6) – РППД, КІД, піврічна зарплата (ПЗП) (табл. 2). Для виробничої функції Кобба–Дугласа $\ln \text{РППД} = a \ln \text{РЗП} + b \ln \text{КІД} + c$ на 25 структурних (cross-section) спостереженнях 2015 р. і 2016:6 за допомогою MS Excel було знайдено залишки регресії (ЗР).

Таблиця 1 – Значення $\ln \text{РППД}$, $\ln \text{РЗП}$, $\ln \text{КІД}$, ЗР у 2015 р.

Місто/Район	РЗП	КІД	$\ln \text{РЗП}$	$\ln \text{КІД}$	РППД	$\ln \text{РППД}$	ЗР
Період	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015
Полтавська область	45 396	5 347	10,72	8,58	76 024	11,24	
м. Полтава	46 872	6 495	10,76	8,78	104 496	11,56	0,79
м. Гадяч	37 380	3 530	10,53	8,17	126 619	11,75	2,15
м. Горішні Плавні	67 752	28 285	11,12	10,25	311 899	12,65	-0,59
м. Кременчук	49 356	4 367	10,81	8,38	168 798	12,04	1,63
м. Лубни	34 704	1 748	10,45	7,47	26 527	10,19	1,57
м. Миргород	43 404	2 119	10,68	7,66	14 506	9,58	0,28
Великобагачанський	36 264	7 945	10,50	8,98	19 256	9,87	-0,62
Глобинський	42 612	8 279	10,66	9,02	91 066	11,42	0,56
Диканський	43 428	10 267	10,68	9,24	82 661	11,32	0,17
Зіньківський	35 268	4 151	10,47	8,33	5 312	8,58	-1,09
Карлівський	32 868	5 844	10,40	8,67	13 087	9,48	-0,45
Кобеляцький	38 340	2 876	10,55	7,96	8 913	9,10	-0,31
Котелевський	34 188	6 795	10,44	8,82	3 624	8,20	-1,99
Кременчуцький	37 596	2 980	10,53	8,00	5 395	8,59	-0,81
Лохвицький	41 088	4 114	10,62	8,32	44 980	10,71	0,75
Лубенський	35 340	1 533	10,47	7,34	818	6,71	-1,80
Машівський	62 364	5 236	11,04	8,56	57 348	10,96	-0,14
Новосанжарський	50 820	1 149	10,84	7,05	1 459	7,29	-1,62
Оржицький	35 832	2 529	10,49	7,84	11 567	9,36	0,24
Пирятинський	32 316	1 842	10,38	7,52	22 207	10,01	1,47
Полтавський	45 096	4 430	10,72	8,40	3 163	8,06	-2,18
Решетилівський	35 988	2 533	10,49	7,84	13 232	9,49	0,36
Хорольський	41 976	3 728	10,64	8,22	28 381	10,25	0,36
Чугівський	34 020	3 387	10,43	8,13	9 766	9,19	-0,17
Шишацький	48 576	8 401	10,79	9,04	286 917	12,57	1,43
Середнє	41 738	5 382	10,62	8,319	58 480	9,96	0,00

У табл. 1 і 2 жирним виділено значення спостережень, вищі відповідного середнього за районами. Через вищу ефективність

(додатність ЗР) у м. Гадяч і Лохвицькому районі зросла відносна ЗП, а у м. Кременчук – відносні КІД; через нижчу ефективність (від’ємність ЗР) у Карлівському районі знизилися відносні КІД.

Таблиця 2 – Значення lnРППД, lnРЗП, lnКІД, ЗР у 2016:6

Місто/Район	ПЗП	КІД	lnПЗП	lnКІД	РППД	lnРППД	ЗР
Період	2016:6	2016:6	2016:6	2016:6	2016:6	2016:6	2016:6
Полтавська область	25 458	3 497	10,14	8,16	38 381	10,56	
м. Полтава	26 508	6 781	10,19	8,82	57 284	10,96	0,09
м. Гадяч	23 268	1 900	10,05	7,55	60 018	11,00	1,95
м. Горішні Плавні	36 168	8 606	10,50	9,06	162 862	12,00	-0,30
м. Кременчук	28 068	3 029	10,24	8,02	68 664	11,14	0,88
м. Лубни	19 386	716	9,87	6,57	18 098	9,80	2,45
м. Миргород	21 486	623	9,98	6,44	7 550	8,93	1,33
Великобагачанський	20 280	4 941	9,92	8,51	12 045	9,40	-0,12
Глобинський	24 192	4 727	10,09	8,46	49 697	10,81	0,67
Диканський	25 092	3 993	10,13	8,29	52 296	10,86	0,75
Зіньківський	19 590	1 589	9,88	7,37	2 890	7,97	-0,24
Карлівський	17 826	2 150	9,79	7,67	4 649	8,44	0,28
Кобеляцький	22 470	1 434	10,02	7,27	1 711	7,45	-1,19
Котелевський	18 036	4 328	9,80	8,37	1 327	7,19	-1,74
Кременчуцький	23 118	2 291	10,05	7,74	4 065	8,31	-0,92
Лохвицький	23 874	921	10,08	6,83	19 197	9,86	1,45
Лубенський	20 118	913	9,91	6,82	252	5,53	-2,22
Машівський	30 576	2 895	10,33	7,97	18 894	9,85	-0,69
Новосанжарський	24 972	886	10,13	6,79	642	6,46	-2,07
Оржицький	20 814	1 640	9,94	7,40	3 400	8,13	-0,35
Пирятинський	18 354	2 507	9,82	7,83	11 516	9,35	0,92
Полтавський	25 350	1 955	10,14	7,58	1 930	7,57	-1,85
Решетилівський	19 758	3 050	9,89	8,02	5 606	8,63	-0,29
Хорольський	22 338	2 710	10,01	7,90	11 358	9,34	0,07
Чутівський	19 488	1 759	9,88	7,47	3 401	8,13	-0,17
Шишацький	26 904	8 281	10,20	9,02	254 570	12,45	1,31
Середнє	23 121	2 985	10,03	7,75	33 357	9,18	0,00

Список використаних джерел

1. Горбачук В. М. Місцева діяльність у глобальних вимірах: Полтавщина / Горбачук В. М., Мартищенко Б. О., Приходько М. О. / Фінансово-економічний та суспільний світовий розвиток: сучасні тренди і перспективи. – Київ : НаУКМА, 2017.

ОЦІНКА ТОЧНОСТІ ТРИВИМІРНОЇ РЕКОНСТРУКЦІЇ ПОВЕРХНІ ЗА ТРІАДОЮ ЇЇ ЗОБРАЖЕНЬ

Н. Р. Грабовська, аспірант

Фізико-механічний інститут імені Г. В. Карпенка НАНУ
natahagr@gmail.com

Ю. В. Лysак, к. т. н., н. с.

Фізико-механічний інститут імені Г. В. Карпенка НАНУ
ylsак@ipm.lviv.ua

Р. В. Торська, м. н. с.

Фізико-механічний інститут імені Г. В. Карпенка НАНУ
roxana.torska@gmail.com

У статті проведено оцінку похибки тривимірної реконструкції поверхні за тріадою зображень, в залежності від бокових напрямків освітлення, застосованих для відеозйомки зображень.

Hrabovcska N. R., Lysak Y. V., Torska R. V. An estimation of exactness of three-dimensional surface reconstruction on triad of images. This estimation of reconstruction is got, if .the lateral direction of illumination of video recording is given and if .the error of this direction is given.

Ключові слова: ТРИВИМІРНА РЕКОНСТРУКЦІЯ, ЗОБРАЖЕННЯ, ПОХИБКА.

Keywords: THREE-DIMENSIONAL RECONSTRUCTION, IMAGES, THE ERROR.

Одним з методів отримання тривимірної форми предмету на основі аналізу його зображень є запропонований в [1] метод 3D реконструкції за тріадою зображень. Для відеозйомки зображень використовуються три персональні напрямки освітлення – вертикальний та два бокові. Сама реконструкція відбувається шляхом інтегрального накопичення реконструйованих горизонтальної та вертикальної похідної вектора нормалі. При практичній реалізації цієї реконструкції необхідно врахувати похибки, які індуковані відхиленням кожного з трьох напрямків освітлення від технологічно запланованого значення.

На данному етапі такого аналізу точності і **метою** цієї роботи є оцінка похибки визначення похідних поверхні при її реконструкції за тріадою зображень в залежності від бокового

напрямку освітлення. Реконструкція оцінок похідних за тріадою зображень має наступний вигляд [1]

$$p = \frac{L_{z1e}}{L_{x1e}} - \frac{k}{L_{x1e}} \frac{I_{\lambda 1} - I_a}{I_{\lambda 0} - I_a}, \quad (1)$$

$$q = \frac{L_{z2e}}{L_{y2e}} - \frac{k}{L_{y2e}} \frac{I_{\lambda 2} - I_a}{I_{\lambda 0} - I_a}, \quad (2)$$

де $I_{\lambda 0}, I_{\lambda n}, I_a, L_{xne}, L_{zne}, k, n=1,2$ параметри реконструкції визначаються наступним чином. Послідовною змінною освітлення дифузного об'єкта джерелом світла L_m , $m=0,1,2$ ($L_0=(0,0,1)$, $L_1=(L_{x1e},0,L_{z1e})$, $L_2=(0,L_{y2e},L_{z2e})$) відеозйомкою отримується тріада зображень $I_{\lambda m}$, кожне з яких формально описується ламбертівською моделлю відбиття світла від поверхні $I_{\lambda m} = I_a + I_{p\lambda} k_d (N \bullet L_m)$, де I_a – інтенсивність розсіяного світла; $I_{p\lambda}$ – інтенсивність джерела освітлення; k_d – дифузний коефіцієнт; N – одиничний вектор нормалі до поверхні $F(x,y,z)=0$ у досліджуваній точці, $N=\{-p/o, -q/o, 1/o\}$, тут $o=\sqrt{p^2+q^2+1}$, $p=\frac{\partial z}{\partial x}$, $q=\frac{\partial z}{\partial y}$. У реконструкції застосовано

такі джерела світла, що забезпечують $k = I_{p\lambda n} / I_{p\lambda 0} = L_{zne}$, $n=1,2$. Використовуючи зображення $I_{\lambda 0}$ зі штучним затіненням, можна визначити інтенсивність фону I_a і завершити реконструкцію похідних. На практиці під час зйомки виникають відхилення напрямків освітлення від запланованих значень. В цій ситуації для опису вектору напрямку світла L скористаємось описом [2]: $L = \{-P/O, -Q/O, 1/O\}$, тут $O = \sqrt{P^2 + Q^2 + 1}$, $P = -ctg\theta$, $Q = -ctg\varphi$, де θ – кут напрямку світла в площині XZ , а φ – в площині YZ . Коли $L_1(P_e, Q_e) \rightarrow \tilde{L}_1(P, Q)$, де $L_1(P_e, Q_e)$ – заплановане значення, то

$$p(P_e, Q_e) = \frac{L_{z1e} I_{\lambda 0} - I_{\lambda 1}(P_e, Q_e)}{L_{x1e} I_{\lambda 0} - I_a} \rightarrow p(P, Q) = \frac{L_{z1e} I_{\lambda 0} - I_{\lambda 1}(P, Q)}{L_{x1e} I_{\lambda 0} - I_a}.$$

Нехай технологічно заплановано $P_e = -1$, $Q_e = 0$. Застосуємо для оцінки точності реконструкції p розклад функції $p(P, Q)$ в ряд Тейлора. Нехтуючи в ряді Тейлора малими членами, визначимо відносну похибку обрахунку горизонтальної похідної

$$\delta p = \delta p_p + \delta p_q = \frac{(1+P)(1+p)}{2\sqrt{2}p} + Q \frac{q}{\sqrt{2}p}. \quad (3)$$

На основі подібності рівнянь (1) та (2), визначено відносну похибку обрахунку вертикальної похідної викликану змінами напрямку $L_2(P, Q)$.

$$\delta q = \delta q_q + \delta q_p = \frac{(1+Q)(1+q)}{2\sqrt{2}q} + P \frac{p}{\sqrt{2}q}. \quad (4)$$

В результаті аналізу відносних похибок (3), (4) з використанням технічних характеристик системи тривимірної реконструкції та пристрою бокового променя проведено розрахунок оцінки похибки реконструкції похідних поверхні досліджуваного об'єкта. В результаті аналізу отриманої залежності представлені рекомендації по встановленню експлуатаційних меж кутових відхилень напрямків освітлення та формуванню діапазонів реконструкції похідних.

Список використаних джерел

1. Неруйнівний контроль стану поверхонь, уражених корозійними пітингами / Б. П. Русин, Н. П. Ануфрієва, Н. Р. Грабовська, В. Г. Іванюк // Фіз.-хім. механіка матеріалів. – 2013 – № 4. – С. 90–96.
2. Похибка тривимірної реконструкції поверхні тріщини за тріадою зображень / Грабовська Н. Р., Русин Б. П., Іванюк В. Г., Капшій О. В. // Радіоелектроніка і інформатика. – 2015. – № 2. – С. 58–63.

ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННЫХ ИММУННЫХ СИСТЕМ

М. Х. Дадаханов

Наманганский государственный университет, г. Наманган,
Узбекистан

Рассматриваются подходы к решению задачи классификации на основе искусственных иммунных систем. Разработка нетрадиционных биологических подходов при решении широкого круга проблем, начиная от защиты информации и заканчивая проблемами прогнозирования динамических свойств нелинейных объектов управления в реальном масштабе времени, являются актуальными задачами. В работе рассмотрены обобщенные условия сходимости иммунных алгоритмов.

1. Введение

Биологическая иммунная система (ИС) представляет собой сложную распределенную адаптивную систему интеллектуальной обработки информации. ИС защищает организм от иностранных вирусов и инфекций. Иммунная система способна к обучению, обладает памятью, решает задачи поиска и классификации. ИС обрабатывает огромные объемы информации, поэтому алгоритмы, созданные природой, оказались эффективными и в математических задачах поиска и распознавания.

Белки это биополимеры сложного строения [1], макромолекулы которых представляют собой остатки аминокислот или полипептидных цепей, соединенных между собой пептидной связью. Именно пространственная структура белка определяет химические, биологические и функциональные свойства белка. Свойства белка могут сильно изменяться при замене хотя бы одной аминокислоты. Это связано с тем, что изменение конфигурации пептидных цепей ведет к другим условиям образования пространственной структуры белка, которая определяет все его функции в организме. Решающая роль в белках принадлежит не отдельным аминокислотным остаткам, а их сочетаниям. В процессе эволюции сформировались механизмы отбора белковых структур, которые способны сворачиваться в определенные трехмерные нативные структуры, чья энергия существенно ниже, чем энергия альтернативных структур. Основной чертой

белковых последовательностей, определяющей их физические свойства, является повышенная стабильность нативной (функциональной) структуры и существование большой щели между энергией нативной структуры и минимальной энергией неверно свернутых структур.

Приведенные свойства естественных белковых структур служат основой биологического подхода искусственных иммунных систем (ИИС) [2]. Основная идея заключается во взаимодействии между белками иммунной системы человека и чужеродными антигенами, то есть в возможности произвольного связывания (так называемого молекулярного узнавания) посредством определения минимальной энергии связи между формальными пептидами.

Новая вычислительная процедура, называемая искусственные иммунные системы, основанная на принципах иммунной системы, обладает способностью обучаться новой информации, запоминать ранее полученную информацию и осуществлять распознавание образов и анализ данных на основе принципов биомолекулярного узнавания в высоко распределенной манере. Эти системы предлагают мощные и робастные возможности обработки больших массивов информации для решения сложных задач. Строгий математический базис ИИС основан на биологическом прототипе иммунной сети и понятиях формального протеина и формальной иммунной сети (ФИС).

Эти математические модели были названы формальной иммунной системой или иммунокомпьютином на основе свойств сингулярного разложения произвольных матриц.

Отдельные статьи по ИИС начали появляться в 1980-х годах, однако в отдельное направление ИИС выделились только в середине 90-х годов с появлением работ Форреста, Дасгупты, Ханта и Кука. Первая книга про искусственные иммунные системы вышла в 1998 году под редакцией Дипанкара Дасгупты [3].

Чужеродные агенты, находясь в организме, производят молекулы, называемые антигенами. Большая часть антигеном может быть распознана специальными клетками – В-лимфоцитами, которые циркулируют в кровеносной и лимфатической системах в ожидании столкновения с антигенами. После того как антиген взаимодействует с антителами В-лимфоцита, стимулируется процесс клонирования лимфоцита. Этот процесс называется клональным отбором. Процесс клонирования В-лимфо-

цитов в результате взаимодействия с антигенами называется иммунным ответом [4].

Предварительные операции включают в себя создание баз данных на основе статистических временных рядов, характеризующих рассматриваемую систему; создание баз знаний на основе мнений экспертов; нормирование входных параметров; удаление пробелов в таблицах данных; операции по считыванию информации из баз данных, баз знаний и т. д.

Основные операции заключаются в создании иммунной сети, обучении иммунной сети с учителем и т. д.

Вспомогательные операции состоят из таких как: выделение информационно – ценных признаков и снижение размерности анализируемого пространства признаков; создание оптимальной структуры иммунной сети; тестирование; оценка энергетических погрешностей ИИС при распознавании образов и т. д.

База знаний содержит сведения, которые отражают закономерности, существующие в рассматриваемой предметной области, позволяют выводить новые знания и прогнозировать потенциально возможные состояния исследуемой области; сведения о структуре и содержании базы данных; сведения по языку общения; метазнания, определяющие способы представления и переработки знаний. В базу знаний помещаются как общедоступные данные, так и знания эксперта в данной предметной области, вычислительные алгоритмы реализации процедур иммунного компьютеринга, результаты группировки и автоматической классификации, а также интерпретация результатов вычислений.

2. Иммунный алгоритм решения задач классификации

Нечеткие логические уравнения задачи классификации (типа если <вход>, то <выход>) вместе с функциями принадлежности нечетких термов позволяют принимать решение с использованием следующего алгоритма:

1. Фиксируются значения параметров состояния объекта:

$$X = [x_1, \dots, x_n].$$

2. Определяются значения функций принадлежности $\mu^j(x_i^*)$, при фиксированных значениях параметров $x_i^*, i = \overline{1, n}$.

3. Используя логические уравнения, вычисляются значения функций принадлежности $\mu^{r_j}(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$ при векторе состояния $X^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$.

4. Определяется решение r_j^* , для которого:

$$\mu^{r_j^*}(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*) = \max_{j=1, n} [\mu^{r_j}(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)].$$

Суть обучения состоит в подборе таких параметров функций принадлежности, которые минимизируют различие между результатами нечеткой аппроксимации и реальным поведением объекта.

Определим задачу классификации как отображение $f(X) \rightarrow \{1, \dots, c\}$ любого образа X в одно из целых чисел $1, \dots, c$, которые представляют классы.

Задача классификации может быть сформулирована следующим способом.

Дано:

- число классов c ;
- набор из m обучающих образов: X_1, X_2, \dots, X_m ;
- класс любого обучающего образа: $f(X_1) = c_1, \dots, f(X_m) = c_m$;
- произвольный n -мерный вектор Z .

Найти:

Класс вектора Z : $f(Z) = ?$

Процесс обучения состоит из следующих этапов:

1. Сформировать обучающую матрицу $A = [X_1, \dots, X_m]^T$ размерности $m \times n$.

2. Вычислить максимальное сингулярное число s , а также левый и правый сингулярные векторы L и R обучающей матрицы по следующей итеративной (эволюционной) схеме:

$$L_{(0)} = [1, \dots, 1]^T,$$

$$R^T = L_{(k-1)}^T A, \quad R_{(k)} = R / |R|, \quad \text{где } |R| = \sqrt{r_1^2 + \dots + r_n^2},$$

$$L = AR_{(k)}, \quad L_{(k)} = L / |L|, \quad \text{где } |L| = \sqrt{l_1^2 + \dots + l_n^2},$$

$$s_{(k)} = L_{(k)}^T AR_{(k)}, \quad k = 1, 2, \dots,$$

до выполнения условия $|s_{(k)} - s_{(k-1)}| < \varepsilon$,

$$s = s_{(k)}, \quad L = L_{(k)}, \quad R = R_{(k)}.$$

3. Хранить сингулярное число s .

4. Хранить правый сингулярный вектор R (как «антитело-пробу»).

5. Для всякого $i = 1, \dots, m$ хранить компоненту l_i левого сингулярного вектора L и класс c_i соответствующий обучающему образу X_i .

6. Для всякого n -мерного образа Z вычислить его энергию связи с R :

$$w(z) = Z^T R / s.$$

7. Выбрать l_i , которая имеет минимальное расстояние d с w :

$$d = \min_i |w - l_i|, \quad i = 1, \dots, m,$$

и считать класс c_i искомым классом образа Z .

В общем виде один шаг работы иммунного алгоритма можно представить следующим образом [2]:

$$\forall i \in \{1, \dots, m\}: x'_i = \text{mut}(\text{clon}(x_1, \dots, x_n))$$

$$(x''_1, \dots, x''_k) = \text{aging}(x_1, \dots, x_n, x'_1, \dots, x'_m) \quad (1)$$

$$(y_1, \dots, y_n) = \text{sel}(x''_1, \dots, x''_k),$$

где $(x, \dots, x_n) \in X^n$ – текущая популяция антител; x'_1, \dots, x'_m – популяция антител, возникающая в результате клонирования и мутации; (x''_1, \dots, x''_k) – антитела, которые удаляются из популяции; (y_1, \dots, y_n) – антитела, добавляемые в текущую популяцию.

Как следует из (1), ИА присущи следующие операторы: клонирование, мутация, старение и селекция. Рассмотрим подробнее эти операторы.

Оператор клонирования генерирует новое поколение копий антител в будущей популяции. Известны следующие основные операторы клонирования [3]: а) статический оператор клонирования, который просто копирует каждую В-клетку, производя переходную популяцию; б) пропорциональный оператор клонирования, который клонирует В-клетки пропорционально их антигенной схожести; в) оператор вероятностного клонирования, в соответствии с которым В-клетки выбираются из текущего поколения в зависимости от вероятности клональной селекции.

Оператор мутации действует в зависимости от имеющейся популяции клонов, применяя к каждому антителу определенное количество одиночных мутаций, осуществляемых случайным образом. Можно выделить следующие способы мутации [4]:

1. Статическая мутация. Количество мутаций зависит от минимизируемой функции f , поэтому антитело в каждый момент времени будет подвергаться определенному числу мутаций.

2. Пропорциональная мутация. Количество мутаций антитела пропорционально соответствующему значению.

3. Обратно пропорциональная мутация. Количество мутаций антитела обратно пропорционально соответствующему значению.

4. Круглая мутация. Каждое антитело подвергается мутации круглого сочетания.

Оператор старения устраняет старые особи. Статический оператор старения использует возрастной параметр для максимального количества поколений антител, которым разрешено оставаться в популяции. Когда антитело старше, оно удаляется из системы, даже если оно может оказаться вполне пригодным на последующих итерациях.

При клональной экспансии клонированное антитело наследует возраст его родителя. После этапа мутации только те антитела, которые получили высшее значение аффинности, получают возраст, равный 0. Элитный вариант этого оператора получается путем взятия наилучших антител популяции в поколение с возрастом, равным 0.

Элитный вариант этого оператора получается взятием лучшего антитела из популяции в поколение.

Оператор селекции заменяет наихудшие антитела в популяции новыми случайными антителами.

3. Заключение

В работе рассмотрены обобщенные условия сходимости ИА в зависимости от используемых иммунных операторов. Анализ сходимости ИА основан на выполнении двух условий:

1) в результате мутации можно достичь оптимальное состояние из неоптимального за один шаг;

2) как только оптимальное состояние будет найдено, оно сохранится в популяции и не будет утеряно. Показано, что только операторы мутации и селекции, которые могут вносить изменения в антитела, способствует поиску оптимума.

Список использованных источников

1. Finkelstein A. V., Gutin A. M., Badretdinov A. Y // Proteins. – 1995. – V. 23. – P. 151–162.
2. Tarakanov A. O. Formal peptide as a basic of agent of immune networks: from natural prototype to mathematical theory and applications // Proceeding of the I Int. workshop of central and Eastern Europe on Multi-Agent Systems, 1999. – P. 186–188.
3. Dasgupta D. Artificial Immune Systems and Their Applications, Springer-Verlag, 1998.
4. Gaber J., Bakhouya M. An Immune Inspired-based Optimization Algorithm: Application to the Traveling Salesman Problem, Université de Technologie de Belfort-Montbéliard, 2007.

УДК 519.1

ЗАДАЧА ПОШУКУ ТРЬОХ ТА ЧОТИРЬОХ АКТИВНИХ КУЛЬ СЕРЕД МАСИ ПОДІБНИХ

Г. П. Донець, д. ф.-м. н., професор
Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України
g_donets@mail.ru

Досліджена загальна функція пошуку для трьох та чотирьох радіоактивних куль серед множини подібних. Одержані результати для деяких значень кількості елементів.

Donets G. P. Problem of search for the three and four active spheres among a number of similar ones. General search function

for finding three and four radioactive balls among a set of similar ones has been studied. Specific results for some initial values of the total amount of balls have been obtained.

Ключові слова: ГРАФ, ВИБІРКА, ЕСКАЛАЦІЯ ФУНКЦІЇ.

Keywords: GRAF, SAMPLE, ESCALATION FUNCTION.

Вступ. Ця задача з'явилася вперше в 1966 році на Московській математичній олімпіаді у двох варіантах.

Варіант 1. З 19 більярдних куль дві радіоактивні. Про будь-який набір куль за одну перевірку можна довідатися чи є в ньому хоча б одна радіоактивна (але не можна довідатися скільки їх). Довести, що за 8 перевірок можна виявити радіоактивну пару куль.

Варіант 2. В умовах задачі варіанта 1 довести, що дві радіоактивні кулі серед 11 можна знайти за 7 перевірок.

Ці задачі так і не були розв'язані. Розглянемо більш конкретну задачу. Нехай задано n більярдних куль, серед яких дві кулі радіоактивні (далі активні). Необхідно їх виявити за мінімальне число перевірок.

Очевидно, що така задача може виникнути в різних практичних напрямках. І в тих ситуаціях, де кожна перевірка пов'язана з істотними матеріальними втратами, така задача є важливою й актуальною.

Сформулюємо загальні принципи, які застосовуються при розв'язуванні подібних задач [1–5].

1. Якщо з 2^s куль радіоактивна одна, то її можна знайти за s перевірок: на першому кроці перевірити половину куль, потім методом дихотомії перевірити ту множину куль, де знаходиться активна куля.

2. Якщо куль більше, ніж 2^s , то за s кроків не можна забезпечити відшукування однієї активної кулі. Припустимо протилежне. Зробимо s випробувань, відзначаючи наявність радіоактивності плюсом, а її відсутність – мінусом. За припущенням, знаючи послідовність знаків, що виникає при перевірці, ми можемо сказати, яка з куль активна. Але різних послідовностей довжини s із двох знаків існує всього лише 2^s . Вказавши у кожній із них активну кулю, отримаємо нелогічний висновок про те, що ті кулі, яким не відповідає ніяка послідовність знаків, не можуть бути активними.

3. Якщо з n куль активні 2, то є $C_n^2 = \frac{n(n-1)}{2}$ варіантів різних активних пар. Тому, якщо $\frac{n(n-1)}{2} > 2^s$, то за s випробувань не вдасться знайти активну пару.

4. Якщо з n куль першим кроком випробовуємо k куль, то результат випробуванню « \rightarrow » відповідає C_{n-k}^2 варіантів (обидві активні кулі перебувають серед $n-k$, що залишилися), а результат « \leftarrow » – іншим $C_n^2 - C_{n-k}^2$ варіантам. Якщо в розпорядженні залишилося тільки i випробувань, то обов'язково повинне бути $C_{n-k}^2 \leq 2^i$ і $C_n^2 - C_{n-k}^2 \leq 2^i$.

5. Якщо за s перевірок удалося знайти розв'язок для n куль, то для меншої кількості куль можна знайти розв'язок також за s перевірок. Це впливає з тих міркувань, що той же результат можна досягти, якщо доповнити множину куль до числа n фіктивними (неактивними) кулями. Це означає, що для двох однакових значень s і різних значень n для всіх проміжних значень кількості куль задача розв'язується за ті ж s перевірок.

Задача пошуку трьох та чотирьох активних куль значно складніша від подібної задачі для двох куль, але для свого розв'язання вона повністю використовує досягнення останньої. По аналогії з нею введемо необхідні позначення:

$f_3(n), f_4(n)$ – мінімальна кількість спроб для виявлення відповідно трьох і чотирьох активних куль серед n заданих.

$h_3(k^+, n-k), h_4(k^+, n-k)$ – мінімальна кількість спроб для виявлення відповідно трьох і чотирьох активних куль серед n заданих після того, як перевірка k куль дала позитивний результат.

$r_3(k^+, l^+, n-k-l), r_4(k^+, l^+, n-k-l)$ – мінімальна кількість спроб для виявлення відповідно трьох і чотирьох активних куль серед n заданих після того, як перевірка послідовно k , потім l куль дала позитивний результат.

Якщо з n куль активні 3, то є $C_n^3 = \frac{n(n-1)(n-2)}{6}$ варіантів різних активних трійок. Тому, якщо $\frac{n(n-1)(n-2)}{6} > 2^s$, то за s випробувань не вдасться знайти активну трійку.

Якщо з n куль на першому кроці випробовуємо k куль, то результат випробування « \rightarrow » відповідає C_{n-k}^3 варіантів (три активні кулі перебувають серед $n-k$, що залишилися), а результат « $+$ » – іншим $C_n^3 - C_{n-k}^3$ варіантам.

Якщо в розпорядженні залишилося тільки i випробувань, то обов'язково повинно бути $C_{n-k}^3 \leq 2^i$ і $C_n^3 - C_{n-k}^3 \leq 2^i$.

Для обчислення функцій $f_3(n)$ та $f_4(n)$ найкращою стратегією, як показав досвід, є індуктивний метод, коли загальна задача з даною кількістю активних куль зводиться до задачі з меншою кількістю куль.

Обчислення функції $f_3(n)$

Безпосередньо переконуємося, що $f_3(n) = n - 1$ для $4 \leq n \leq 9$. Очевидно, що $h_3(2^+, k) = 1 + f_2(k + 1)$. Тому для $f_3(10)$ беремо та робимо перше випробування двох куль $\langle 2 \rangle$. Якщо отримаємо результат « \rightarrow », то тоді маємо $f_3(8) = 7$, а якщо результат випробування буде « $+$ », то тоді отримаємо $h_3(2^+, 8) = 1 + f_2(9) = 7$. В обох випадках маємо $f_3(10) = 8$.

Для 11 куль недостатньо 8 випробувань, та дуже легко довести, що $f_3(11) = 9$. Для цього беремо одну кулю. Якщо отримаємо результат випробування буде « \rightarrow », то $f_3(10) = 8$, а якщо результат буде « $+$ », то (див. вище) $f_2(10) = 6$. Сумуючи обидва випадки, маємо $f_3(11) = 9$.

Досить легко показати, що три активні кулі з 12-и можна знайти за 9 випробувань, тобто довести, що $f_3(12) = 9$. Для

цього на першому кроці візьмемо 2 кулі. Якщо отримаємо результат «-», то $f_3(10)=8$, а якщо буде «+», то справедлива рівність $h_3(2^+,10)=1+f_2(11)=1+7=8$. В підсумку отримаємо рівність $f_3(12)=9$.

Для 13 куль на першому кроці для перевірки беремо 3 кулі. Якщо отримаємо результат «-», то тоді $f_3(10)=8$, а в сумі отримаємо 9 випробовувань.

Якщо на першому кроці отримаємо результат «+», то приходимо до функції $h_3(3^+,10)$. Доведемо, що $h_3(3^+,10)=8$. Для цього на другому кроці беремо наступні 4 кулі. Якщо результат перевірки буде «+», то за третій та четвертий кроки серед них знайдемо одну активну кулю, що приведе до функції $h_3(3^+,9)$. А це означає, що за 5 кроків можна знайти всі активні кулі ($h_3(3^+,9)=5$).

Якщо на другому кроці отримаємо результат «-», то тоді приходимо до функції $h_3(3^+,6)$. У цьому випадку на третьому кроці беремо для перевірки 2 кулі з 6-и. Якщо отримаємо результат «+», то тоді на четвертому кроці знайдемо хоча би одну серед них активну і прийдемо до функції $h_3(3^+,5)$, а як відомо, $h_3(3^+,5)=5$.

Якщо отримаємо результат «-», то приходимо до функції $h_3(3^+,4)$, яку можна прирівняти до функції $f_3(7)$, що, як відомо, $f_3(7)=6$. В усіх розглянутих випадках отримаємо, що $f_3(13)=9$.

Для 14 куль вже 9 випробовувань не достатньо. Доведемо, що $f_3(14)=10$.

Для цього беремо для перевірки одну кулю. Якщо отримаємо результат «-», то тоді $f_3(13)=9$, а якщо результат буде «+», то тоді дві активні кулі серед 13-и легко знаходяться за $f_2(13)=7$ випробовувань.

Сумуючи обидва випадки, маємо результат $f_3(14)=10$.

Досить легко отримати результат знаходження 3-х активних куль серед 15-и заданих і показати, що $f_3(15)=10$.

Для цього візьмемо для перевірки 2 кулі. Якщо отримаємо результат перевірки «-», то тоді $f_3(13)=9$, а якщо отримаємо результат «+», то тоді справедливе співвідношення $h_3(2^+,13)=1+f_2(14)=8$. В підсумку маємо, що 3 активні кулі серед 15-и можна знайти за 10 кроків, тобто $f_3(15)=10$.

Для 16 куль на першому кроці для перевірки беремо 3 кулі. Якщо отримаємо результат «-», то $f_3(13)=9$, а якщо результат буде «+», то тоді на другому кроці беремо наступні 4 кулі. Якщо результат буде «+», то за третій та четвертий кроки знаходимо серед них одну активну, що приводить до функції $h_3(2^+,13)$, а, як відомо, $h_3(2^+,13)=6$.

Якщо результат другого кроку буде «-», то тоді приходимо до функції $h_3(3^+,9)$, яка покривається функцією $h_3(3^+,10)$ і, як було показано раніше, $h_3(3^+,10)=8$. В усіх варіантах отримуємо, що $f_3(16)=10$.

Для 17 куль 10 випробувань вже недостатньо. Легко довести, що для 17-и куль $f_3(17)=11$. Для цього, знову ж таки, беремо одну кулю. Якщо отримаємо результат «-», то тоді (див. вище) $f_3(16)=10$, а якщо результат буде «+», то тоді 2 активні кулі з 16 отримаємо за $f_2(16)=8$ випробувань. В обох випадках в сумі отримаємо, що $f_3(17)=11$.

Досить легко отримати число випробувань для знаходження 3-х активних куль серед 18-и та показати, що $f_3(18)=11$. Для цього на першому кроці для перевірки візьмемо 2 кулі. Якщо отримаємо результат перевірки «-», то тоді 3 активні кулі знайдемо за $f_3(16)=10$ випробувань, а якщо отримаємо результат перевірки «+», то справедливе

співвідношення $h_3(2^+, 16) = 1 + f_2(17) = 9$. В підсумку отримаємо, що $f_3(18) = 11$.

Покажемо, що і серед 19-и куль 3 активні можна знайти за 11 випробовувань, тобто, що $f_3(19) = 11$. Для цього на першому кроці беремо 3 кулі. Якщо отримаємо результат перевірки «—», то тоді $f_3(16) = 10$, і в сумі отримаємо 11 перевірок.

А якщо результат перевірки на першому кроці буде «+», то приходимо до функції $h_3(3^+, 16)$. Доведемо, що $h_3(3^+, 16) = 10$. Для цього на другому кроці беремо наступні 4 кулі. Якщо отримаємо результат перевірки «+», то за третій та четвертий кроки знаходимо серед них хоча би одну активну, що приводить до функції $h(3^+, 15)$. Дві інші активні кулі отримаємо за $h(3^+, 15) = 6$ перевірок. А в сумі отримаємо 10 перевірок.

Якщо на другому кроці отримаємо результат «—», то тоді приходимо до функції $h_3(3^+, 12)$. Далі поступаємо наступним чином.

На третьому кроці беремо для перевірки 4 кулі з 12-ти. Якщо отримаємо результат «+», то на четвертому та п'ятому кроках знаходимо одну з них активну. Дві інші активні кулі отримаємо за $h(3^+, 11) = 6$ перевірок. А в сумі отримаємо 10 перевірок.

Якщо на третьому кроці отримаємо результат «—», то приходимо до функції $h_3(3^+, 8)$, яка покривається функцією $h_3(3^+, 10)$ і, як було показано раніше, $h_3(3^+, 10) = 8$. В усіх розглянутих випадках отримаємо $f_3(19) = 11$.

Покажемо, що і серед 20-и куль 3 активні можна знайти за 11 випробовувань, тобто, що $f_3(20) = 11$.

Для цього на першому кроці з 20-и беремо для випробовування 4 кулі. Якщо отримаємо результат перевірки «—», то три активні кулі можна отримати за $f_3(16) = 10$ перевірок. Якщо результат перевірки 4-х куль буде «+», то тоді на другому кроці беремо 7 наступних куль. Якщо отримаємо результат перевірки «—», то три активні кулі можна отримати за $f_3(13) = 9$ перевірок.

Якщо результат перевірки буде «+», то за третій і четвертий кроки отримаємо з 4-х куль одну активну і прийдемо до функції $h(7^+, 12)$. В такому разі дві інші активні кулі отримаємо за $h(7^+, 12) = 7$ перевірок. А в сумі отримаємо 11 перевірок, тобто це означає, що $f_3(20) = 11$.

Таким же чином можна встановити, що $f_3(20 + \kappa) = 12$ для $1 \leq \kappa \leq 4$. Це досягається наступним шляхом. На першому кроці перевіряємо κ куль. Якщо отримаємо результат перевірки «-», то тоді $f_3(20) = 11$, а якщо результат буде «+», то за другий і третій кроки отримаємо з κ куль одну активну і з решти дві активних кулі отримаємо за $f_2(20 + \kappa - 1) \leq 9$ кроків, що і приводить до шуканого результату.

Легко показати, що $f_3(25) = 12$. Для цього на першому кроці беремо 5 куль. Якщо отримаємо результат перевірки «-», то тоді $f_3(20) = 11$, а якщо результат буде «+», то на другому кроці беремо для перевірки 8 наступних куль. Якщо результат перевірки буде «+», то за третій, четвертий і п'ятий кроки знаходимо серед них одну активну кулю. Така ситуація приводить до функції $h(5^+, 19)$. А це означає, що дві інші активні кулі можна знайти за $h(5^+, 19) = 7$ кроків.

Якщо результат перевірки отримаємо «-», то тоді приходимо до функції $h(5^+, 12)$. У цьому випадку на третьому кроці беремо для перевірки одну кулю з п'яти. Якщо отримаємо результат «+», то дві активні кулі знайдемо за 8 кроків з решти 16-и. А якщо результат перевірки однієї кулі з 5-и отримаємо «-», то за четвертий і п'ятий кроки знаходимо серед чотирьох одну активну, а дві інші активні кулі можна знайти серед 15-и ($12+3$) останніх за $f_2(15) = 7$ випробовувань.

Обчислення функції $f_4(n)$

Для чотирьох куль застосовуємо ті ж самі прийоми. Безпосередньо переконуємося, що $f_4(n) = n - 1$ для $5 \leq n \leq 12$. Очевидно,

що по аналогії $h_4(2^+, k) = 1 + f_3(k + 1)$. Тому для $f_4(13)$ здійснюємо перше випробування, взявши для перевірки 2 кулі, тобто здійснюємо $\langle 2 \rangle$. Якщо результат перевірки отримаємо « \rightarrow », то тоді $f_4(11) = 9$, а якщо результат перевірки отримаємо « $+$ », то тоді $h_4(2^+, 11) = 1 + f_3(12) = 10$.

В обох випадках маємо, що $f_4(13) = 11$.

Для 14 куль не вистачає 11 випробувань, а 12 достатньо. Це легко отримати, якщо для перевірки на першому кроці взяти одну кулю. Якщо отримаємо результат перевірки « \rightarrow », то тоді $f_4(13) = 11$, а якщо буде « $+$ », то $f_3(13) = 9$, що і дає бажаний результат.

Для 15 куль також справедливо $f_4(15) = 12$, що доводиться наступним шляхом. Будемо відмічати відповідну функцію нижнім індексом, що дорівнює кількості кроків, що залишилися. Розглянемо функцію після першого кроку $h_4(3^+, 12)_{11}$. Це означає, що на першому кроці для перевірки беремо 3 кулі. Якщо результат « \rightarrow », то відомо $h_4(12) = 11$.

Якщо результат перевірки 3-х куль « $+$ », то на другому кроці беремо дві наступні кулі з 3-х та перевіряємо їх. Якщо отримаємо результат « $+$ », то на наступному кроці знаходимо серед них одну активну, що приведе до функції $h_3(3^+, 11)_9$, що після визначення другої активної кулі серед трьох приведе до функції $f_2(13)$, а це означає, що дві активні кулі серед 13-и можна визначити за $f_2(13) = 7$ кроків, що і було потрібно.

Якщо результат перевірки 2-х куль буде « \rightarrow », то прийдемо до функції $h_4(3^+, 10)_{10}$. Знову повторюємо прийом з двома наступними кулями, який далі будемо називати ескалацією, що завжди приводить до двох результатів. При позитивному результаті прийдемо до функції $h_3(3^+, 9) \leq h_3(3^+, 10)_8 = 8$, як було доведено раніше. При негативному результаті прийдемо до функції $h_4(3^+, 8)_9$. Знову робимо ескалацію. Приходимо до функцій

$h_4(3^+, 6)_8$, яка обчислюється безпосередньо, та $h_3(3^+, 7)_7$, до якої знову застосовуємо прийом ескалації. В результаті приходимо до функцій $f_2(3^+, 6)_5 = 5$ та $h_3(3^+, 5)_6$. Знову застосовуємо прийом ескалації.

В двох випадках отримуємо функції $h_3(3^+, 3)_5$, яка обчислюється безпосередньо, та $f_2(3^+, 4)_4 = 4$, що і завершує доведення.

Для 16 куль уже необхідно 13 випробувань, хоча кількість варіантів $m = C_{16}^4 = 1820$ що значно менше ніж 2^{13} . Далі при збільшенні кількості куль цей розрив ще збільшується. Поняття прийому ескалації можна розширити, при цьому можна вибрати 2^l куль.

Будемо говорити, що функція $h_r(k^+, n)_s$ піддається ескалації на 2^l куль, в результаті якої приходимо до двох функцій $h_{r-1}(k^+, n-1)_{s-l-1}$ та $h_r(k^+, n-2^l)_{s-1}$. Як приклад розглянемо функцію $f_3(25)$. На першому кроці беремо 5 куль. Отримуємо $h_3(5^+, 20)_{11}$. Робимо ескалацію на 8 куль. Приходимо до функцій $h(5^+, 19)_7 = 7$ та $h_3(5^+, 12)_{10}$. Останню функцію піддаємо ескалації на 4 кулі. Отримуємо $h(5^+, 11)_7 = 7$ та $h_3(5^+, 8)_9$, яка $\leq f_3(13) = 9$, що і було потрібно довести.

Вчасно застосовуючи метод ескалації, можна отримувати наступні результати $f_4(16) = f_4(17) = f_4(18) = 13$.

Список використаних джерел

1. Білецький В. І. Комбінаторне розпізнавання. Задачі та їх розв'язування / Білецький В. І., Донець Г. П., Ненахов Е. І. // Теорія оптимальних рішень. – Київ: Ін-т кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України, 2012. – С. 21–29.
2. Донець Г. А. Об одной комбинаторной задаче логического типа / Донець Г. А., Кузнецов С. Т. // Теорія оптимальних рішень. – Київ: Ін-т кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України, 2012. – С. 101–108.

3. Донец Г. А. Графовый подход к решению задачи поиска радиоактивных шаров / Донец Г. А., Билецкий В. И., Ненахов Э. И. // Теорія оптимальних рішень. – Київ: Ін-т кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України, 2014. – С. 147–15.
4. Донец Г. А. Оптимальный поиск двух активных шаров на множестве заданных / Донец Г. А., Билецкий В. И., Ненахов Э. И. // Теорія оптимальних рішень. – Київ: Ін-т кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України, 2015. – С. 134–139.
5. Билецкий В. И. Алгоритмы поиска двух активных шаров на заданных множествах / Билецкий В. И., Ненахов Э. И. // Теорія оптимальних рішень. – Київ: Ін-т кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України, 2016. – С. 78–85.
6. Стецюк П. И. Об одном методе нахождения L_p -решения системы линейных уравнений / Стецюк П. И., Колесник Ю. С., Березовский О. А. // Теория оптимальных решений. – Киев: Ін-т кібернетики ім. В. М. Глушкова НАН України, 2003. – С. 83–90.
7. Шор Н. З. Метод отсечения с растяжением пространства для решения задач выпуклого программирования / Шор Н. З. // Кибернетика. – 1977. – № 1. – С. 94–95.
8. Knopov P. S. Regression Analysis Under a Priori Parameter Restrictions / Knopov P. S., Korkhin A. S. – Springer, 2012. – 234 p.

УДК 519.85

ПРО ВЛАСТИВОСТІ ЛІНІЙНИХ БЕЗУМОВНИХ ЗАДАЧ СТОХАСТИЧНОЇ КОМБІНАТОРНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ НА РОЗМІЩЕННЯХ

О. О. Ємець, д. ф.-м. н., професор

Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі»

yemetsli@ukr.net

Т. М. Барболіна, к. ф.-м. н., доцент

Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

tm-b@ukr.net

У доповіді розглядається розв'язування лінійних задач комбінаторної оптимізації на розміщеннях без додаткових обмежень в умовах стохастичної невизначеності.

Iemets O. O., Barbolina T. M. About properties of linear unconstrained problems of stochastic combinatorial optimization on arrangements. In the article we discuss solving of linear problems of combinatorial optimization on arrangements without additional constraints under stochastic uncertainty.

Ключові слова: ОПТИМІЗАЦІЯ, РОЗМІЩЕННЯ, КОМБІНАТОРНІ ЗАДАЧІ, СТОХАСТИЧНА ОПТИМІЗАЦІЯ.

Keywords: OPTIMIZATION, ARRANGEMENTS, COMBINATORIAL PROBLEMS, STOCHASTIC OPTIMIZATION.

Актуальним напрямом досліджень у галузі оптимізації є вивчення властивостей оптимізаційних задач, у яких поєднуються обмеження комбінаторного характеру та різні види невизначеності (див., наприклад, [1–4]). У [4] розглянуто властивості безумовної задачі стохастичної комбінаторної оптимізації на розміщеннях, зокрема, обґрунтовано схему редукційного методу розв’язування таких задач. Дана робота присвячена уточненню окремих результатів.

Розглядаються оптимізаційні задачі, у яких мінімум (максимум) визначається на основі порівняння числових характеристик випадкових величин [5]. Нехай характеристичний вектор випадкової величини (випадкові величини позначатимемо великими літерами) визначається як $H(A) = (h_1(A), \dots, h_s(A))$, де $h_i(A) \quad \forall i \in J_s$ – деякі числові характеристики випадкової величини. Вважаємо, що характеристичний вектор задовольняє умову

$$h_i(aA + bB) = a^{\lambda_i} h_i(A) + b^{\lambda_i} h_i(B) \quad \forall i \in J_s. \quad (1)$$

Розглянемо лінійну безумовну задачу стохастичної оптимізації на розміщеннях: знайти пару $\langle L(X^*), X^* \rangle$ таку, що

$$L(X^*) = \min_{X \in E_\eta^k(\Gamma)} \sum_{j=1}^k c_j X_j, \quad X^* = \arg \min_{X \in E_\eta^k(\Gamma)} \sum_{j=1}^k c_j X_j, \quad (2)$$

де $X = (X_1, \dots, X_k)$, $L(X) = \sum_{j=1}^k c_j X_j$, $c_j \in R^1 \quad \forall j \in J_k$, $E_\eta^k(\Gamma)$ – загальна множина розміщень [6] з елементів мультимножини $\Gamma = \{G_1, \dots, G_\eta\}$, які є незалежними випадковими величинами, мінімум розуміється згідно з [5]. Вважатимемо, що елементи мультимножини задовольняють умову

$$H(G_1) \leq_l \dots \leq_l H(G_\eta). \quad (3)$$

Сформуємо мультимножини $Q_r = \{q_{r1}, \dots, q_{r\eta}\}$, де $q_{rj} = h_r(G_j)$ $\forall j \in J_\eta$, і разом із задачею (2) розглядатимемо детерміновані задачі

$$\bar{L}_r(x') = \min_{x \in E_\eta^k(Q_r)} \sum_{j=1}^k c_j^{\lambda_r} x_j, \quad x' = \arg \min_{x \in E_\eta^k(Q_r)} \sum_{j=1}^k c_j^{\lambda_r} x_j, \quad (4)$$

де $x = (x_1, x_2, \dots, x_k)$. Нехай також для всіх $r \in J_s$ $H_r(A) = (h_1(A), \dots, h_r(A))$, $H_0(G_i) = \emptyset$. Нехай $r \in J_s$ – таке, що елементи мультимножини Γ задовольняють умову

$$H_{r-1}(G_i) = H_{r-1}(G_j) \quad \forall i, j \in J_\eta, \quad G_i, G_j \in \Gamma. \quad (5)$$

Теорема 1 [4]. Нехай характеристичний вектор випадкової величини задовольняє умову (1), причому виконуються співвідношення (5). Тоді існує мінімаль $X' \in E_\eta^k(\Gamma)$ в задачі (2) така, що виконуються умови

$$h_r(X'_j) = x'_j \quad \forall j \in J_k, \quad (6)$$

де $\langle \bar{L}_r(x'), x' \rangle$ – розв'язок задачі (4).

Нехай для елементів мультимножини Γ виконується умова (5), коефіцієнти цільової функції задачі (4) задовольняють умову

$$c_{i_1}^{\lambda_r} \geq \dots \geq c_{i_\gamma}^{\lambda_r} > 0 \dots = c_{i_{\delta-1}}^{\lambda_r} > c_{i_\delta}^{\lambda_r} \dots \geq c_{i_k}^{\lambda_r}. \quad (7)$$

З умови (7) і достатньої умови мінімалі [6] випливає, що одна з мінімалей x' у задачі (4) задовольняє умови

$$x'_{i_j} = q_{rj} \quad \forall j \in J_\gamma, \quad x'_{i_t} = q_{r, \eta-k+t} \quad \forall t \in J_k^\delta,$$

а тоді відповідно до теореми 1 для однієї з мінімалей X' у задачі (2) виконуються умови

$$h_r(X'_{i_j}) = q_{rj} \quad \forall j \in J_\gamma, \quad h_r(X'_{i_t}) = q_{r, \eta-k+t} \quad \forall t \in J_k^\delta. \quad (8)$$

Другу з умов можна записати таким чином $h_r(X'_{i_{k-\eta+j}}) = q_{rj}$ $\forall j \in J_{\eta}^{\eta-k+\delta}$. Враховуючи, що внаслідок виконання умов (5) і $X' \in E_{\eta}^k(\Gamma)$ виконуються рівності $H_{r-1}(X'_1) = \dots = H_{r-1}(X'_k)$, то також

$$H_r(X'_{i_j}) = H_r(G_j) \quad \forall j \in J_{\gamma}, \quad H_r(X'_{i_{k-\eta+j}}) = H_r(G_j) \quad \forall j \in J_{\eta}^{\eta-k+\delta}. \quad (9)$$

Розглянемо мультимножину $\Gamma_r = \{H_r(G_1), \dots, H_r(G_{\eta})\}$ з основою $S(\Gamma_r) = (\bar{H}_1, \dots, \bar{H}_m)$, елементи якої упорядковані за неспаданням, і первинною специфікацією $[\Gamma_r] = (n_1, \dots, n_m)$. Нехай також

$$\eta_1 = 1, \quad \eta_{p+1} = \eta_p + n_p = 1 + \sum_{j=1}^p n_j \quad \text{для } p \in J_m. \quad (10)$$

Оскільки елементи мультимножини Γ задовольняють умову (3), то

$$H_r(G_{\eta_p}) = \dots = H_r(G_{\eta_p + n_p - 1}) = \bar{H}_p, \quad p \in J_m.$$

Для всіх $p \in J_m$ сформуємо мультимножини

$$\Gamma_r^p = \{G_{\eta_p}, \dots, G_{\eta_p + n_p - 1}\}. \quad (11)$$

Очевидно, що $|\Gamma_r^p| = n_p$. Нехай також σ – найменший індекс, для якого виконується умова $\eta_{\sigma+1} > \gamma$, τ – найбільший індекс, для якого виконується умова $\eta_{\tau} \leq \eta - k + \delta$. Позначимо $k_p = n_p$ для $p \in J_{\sigma-1}$, $k_{\sigma} = \gamma - \eta_{\sigma} + 1$; $k_p = n_p$ для $p \in J_m^{\tau+1}$, $k_{\tau} = \eta_{\tau+1} - \eta + k - \delta$. Отже, для всіх $p \in J_{\sigma}$ виконуються рівності $H_r(X'_{i_j}) = \bar{H}_p \quad \forall j \in J_{\eta_p}^{\eta_p + k_p - 1}$, для всіх $p \in J_m^{\tau} - H_r(X'_{i_{k-\eta+j}}) = \bar{H}_p \quad \forall j \in J_{\eta}^{\eta-k+\delta}$.

Нехай $\tilde{X}_j = X'_{i_j} \quad \forall j \in J_k$, тоді

$$\left(\tilde{X}_{\eta_p}, \dots, \tilde{X}_{\eta_p + k_p - 1} \right) \in E_{n_p}^{k_p} \left(\Gamma_r^p \right) \quad \forall p \in J_\sigma, \quad (12)$$

$$\left(\tilde{X}_{k - \eta + \eta_{p+1} - n_p}, \dots, \tilde{X}_{k - \eta + \eta_{p+1} - 1} \right) \in E_{n_p}^{k_p} \left(\Gamma_r^p \right) \quad \forall p \in J_m^\tau. \quad (13)$$

Якщо $\sigma \neq \tau$, то точка, яка задовольняє (12), (13), належить $E_\eta^k(\Gamma)$. Якщо $\sigma = \tau$, то $\left(\tilde{X}_{\eta_\sigma}, \dots, \tilde{X}_{k - \eta + \eta_{\sigma+1} - 1} \right)$ є елементом множини розміщень з елементів мультимножини Γ_r^σ .

Позначимо для всіх $p \in J_\sigma \cup J_{m+1}^\tau$

$$u_p = \begin{cases} \eta_p, & \text{якщо } p \leq \sigma, \\ k - \eta + \eta_p, & \text{якщо } p > \tau, \\ \delta, & \text{якщо } p = \tau > \sigma, \end{cases} \quad (14)$$

$$v_p = \begin{cases} u_{p+1} - 1, & \text{якщо } p < \sigma \text{ або } p \geq \tau, \\ \gamma, & \text{якщо } p = \sigma < \tau \\ u_{\tau+1} - 1, & \text{якщо } p = \sigma = \tau, \\ \eta, & \text{якщо } p = m. \end{cases} \quad (15)$$

Тоді $\forall p \in J_\sigma \cup J_m^\tau \quad \left(\tilde{X}_{u_p}, \dots, \tilde{X}_{v_p} \right) \in E_{n_p}^{l_p} \left(\Gamma_r^\sigma \right)$, де $l_p = v_p - u_p + 1$, причому $\left(\tilde{X}_{u_1}, \dots, \tilde{X}_{v_m} \right) = \left(\tilde{X}_1, \dots, \tilde{X}_k \right) \in E_\eta^k(\Gamma)$.

Теорема 2. Нехай характеристичний вектор випадкової величини задовольняє умову (1), причому виконуються співвідношення (5) і (7). Нехай також мультимножини Γ_r^p визначаються згідно з (10), (11), σ – найменший індекс, для якого виконується умова $\eta_{\sigma+1} > \gamma$, τ – найбільший індекс, для якого виконується умова $\eta_\tau \leq \eta - k + \delta$, індекси u_p і v_p визначаються згідно з (14), (15), $l_p = v_p - u_p + 1$. Тоді існує мінімаль X^* у задачі (2), яка задовольняє умови $X_{i_j}^* = \tilde{X}_j^* \quad \forall j \in J_{u_p}^{v_p}$, де для всіх $p \in J_\sigma \cup J_m^\tau$ справедливе співвідношення

$$\left(\tilde{X}_{u_p}^*, \dots, \tilde{X}_{v_p}^*\right) = \underset{\left(\tilde{X}_{u_p}, \dots, \tilde{X}_{v_p}\right) \in E_{n_p}^{l_p}\left(\Gamma_r^p\right)}{\arg \min} \sum_{j=u_p}^{v_p} c_{i_j} \tilde{X}_j. \quad (16)$$

Доведення. Нехай точка X' – мінімаль у задачі (2), яка задовольняє (8). Тоді $\forall p \in J_\sigma \cup J_m^\tau \left(\tilde{X}_{u_p}, \dots, \tilde{X}_{v_p}\right) \in E_{n_p}^{l_p}\left(\Gamma_r^\sigma\right)$, де $\tilde{X}_j = X'_{i_j} \quad \forall j \in J_{v_p}^{u_p}$. Нехай також $\left(\tilde{X}_{u_p}^*, \dots, \tilde{X}_{v_p}^*\right) \in$ мінімаллю функції

$\sum_{j=u_p}^{v_p} c_{i_j} \tilde{X}_j$ на множині $E_{n_p}^{l_p}\left(\Gamma_r^p\right) \quad (p \in J_\sigma \cup J_m^\tau)$, звідси

$$H\left(\sum_{j=u_p}^{v_p} c_{i_j} \tilde{X}_j^*\right) \leq_l H\left(\sum_{j=u_p}^{v_p} c_{i_j} \tilde{X}_j'\right).$$

Оскільки $L(X) = \sum_{p=1}^{\sigma} \sum_{j=u_p}^{v_p} c_{i_j} X_{i_j} + \sum_{p=\tau}^k \sum_{j=u_p}^{v_p} c_{i_j} X_{i_j}$ (якщо $\sigma \neq \tau$, то відповідні коефіцієнти цільової функції дорівнюють нулю), то для $X^* = (X_1^*, \dots, X_k^*)$, де $X_{i_j}^* = \tilde{X}_j^* \quad \forall j \in J_{v_p}^{u_p} \quad \forall p \in J_\sigma \cup J_k^\tau$, маємо

$$\begin{aligned} H\left(L\left(X^*\right)\right) &= \sum_{p=1}^{\sigma} H\left(\sum_{j=u_p}^{v_p} c_{i_j} X_{i_j}^*\right) + \sum_{p=\tau}^k H\left(\sum_{j=u_p}^{v_p} c_{i_j} X_{i_j}^*\right) = \\ &= \sum_{p=1}^{\sigma} H\left(\sum_{j=u_p}^{v_p} c_{i_j} \tilde{X}_{i_j}^*\right) + \sum_{p=\tau}^k H\left(\sum_{j=u_p}^{v_p} c_{i_j} \tilde{X}_{i_j}^*\right) \leq_l \\ &\leq_l \sum_{p=1}^{\sigma} H\left(\sum_{j=u_p}^{v_p} c_{i_j} \tilde{X}_j'\right) + \sum_{p=\tau}^k H\left(\sum_{j=u_p}^{v_p} c_{i_j} \tilde{X}_j'\right) = H\left(L\left(X'\right)\right). \end{aligned}$$

З іншого боку, $H\left(L\left(X'\right)\right) \leq_l H\left(L\left(X^*\right)\right)$, оскільки $X^* \in E_\eta^k(\Gamma)$ і X' – мінімаль у задачі (2). Отже, $H\left(L\left(X^*\right)\right) = H\left(L\left(X'\right)\right)$,

тобто X^* також є мінімаллю в задачі (2). Теорему доведено.

У доповіді обґрунтовано властивості розв'язку лінійної безумовної задачі стохастичної комбінаторної оптимізації на розміщеннях у випадку, коли екстремум визначається на основі порівняння числових характеристик випадкових величин.

Список використаних джерел

1. Сергиенко И. В. Задачи оптимизации с интервальной неопределенностью: метод ветвей и границ / И. В. Сергиенко, О. А. Емец, А. О. Емец // Кибернетика и системный анализ. – 2013. – № 5. – С. 38–50.
2. Емец О. А. О комбинаторной оптимизации в условиях неопределенности / О. А. Емец, А. А. Роскладка // Кибернетика и системный анализ. – 2008. – № 5. – С. 35–44.
3. Ємець О. О. Розв'язування задач комбінаторної оптимізації на нечітких множинах [Електронний ресурс] / О. О. Ємець, Ол-ра О. Ємець. – Полтава : ПУЕТ, 2011. – 239 с. – Режим доступу: <http://dspace.puet.edu.ua/handle/123456789/352/>. – Назва з екрана.
4. Емец О. А. Решение линейных безусловных задач комбинаторной оптимизации на размещении со стохастической неопределенностью / О. А. Емец, Т. Н. Барболина // Кибернетика и системный анализ. – 2016. – № 3. – С. 141–153.
5. Барболина Т. Н. О подходе к оптимизации с вероятностной неопределенностью с использованием упорядочивания случайных величин / Т. Н. Барболина // Вісник Запорізького національного університету : зб. наук. ст. Фізико-математичні науки. – 2016. – № 1. – С. 11–20.
6. Стоян Ю. Г. Теорія і методи евклідової комбінаторної оптимізації [Електронний ресурс] / Ю. Г. Стоян, О. О. Ємець. – Київ : Ін-т системн. досліджень освіти, 1993. – 188 с. – Режим доступу: <http://dspace.puet.edu.ua/handle/123456789/487>. – Назва з екрана.

УДК 519.85

СТОХАСТИЧНІ Й ДЕТЕРМІНОВАНІ ЗАДАЧІ ОПТИМІЗАЦІЇ НА РОЗМІЩЕННЯХ: МОДЕЛІ, МЕТОДИ АЛГОРИТМИ

О. О. Ємець, д. ф.-м. н., професор

Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі»

yemetsli@ukr.net

Т. М. Барболина, к. ф.-м. н., доцент

Полтавський національний педагогічний університет імені

В. Г. Короленка

tm-b@ukr.net

У доповіді наведено огляд останніх результатів щодо розв'язування задач комбінаторної оптимізації на розміщеннях, у тому числі з імовірнісною невизначеністю. Розглянуто властивості задач, методи їх розв'язування, питання побудови моделей прикладних задач.

Iemets O. O., Barbolina T. M. Stochastic and deterministic optimization problems on arrangements: models, methods, algorithms. In the article we review last results concerning solving of combinatorial optimization problems on arrangements including one under probabilistic uncertainty. The authors consider properties of problems, methods of solutions, questions of construction of applied problems' models.

Ключові слова: ОПТИМІЗАЦІЯ, РОЗМІЩЕННЯ, КОМБІНАТОРНІ ЗАДАЧІ, СТОХАСТИЧНА ОПТИМІЗАЦІЯ.

Keywords: OPTIMIZATION, ARRANGEMENTS, COMBINATORIAL PROBLEMS, STOCHASTIC OPTIMIZATION.

Серед оптимізаційних задач з обмеженнями комбінаторного характеру, які привертають увагу багатьох дослідників (див., наприклад, [1–15, 18, 20–28]), важливий клас становлять задачі на евклідових комбінаторних множинах, зокрема, задачі на розміщеннях. Метою даної статті є огляд деяких нових результатів щодо розв'язування оптимізаційних задач на розміщеннях, у тому числі з імовірнісною невизначеністю.

Для безумовних задач комбінаторної оптимізації на розміщеннях у [10] отримано нові результати. Зокрема, одержано необхідну умову екстремалі в лінійній безумовній задачі оптимізації на розміщеннях, що разом із відомою раніше достатньою умовою формує критерій екстремалі. Показано, що будь-яка мінімаль (максималь) лінійної функції на множині розміщень є елементом певної множини полірозміщень.

Для задач з дробово-лінійною цільовою функцією встановлено зв'язок з оптимізацією на множині розміщень спеціально побудованої лінійної функції [10]. Такий підхід дозволив використати критерій мінімалі в лінійній задачі для того, щоб за відомим розв'язком дробово-лінійної задачі записати множину полірозміщень, що є множиною мінімалей цієї задачі.

Для пошуку розв'язку може використовуватися як запропонований раніше аналітичний метод [7], так і обґрунтований авторами поліноміальний метод [11]. Останній ідейно близький до параметричного методу розв'язування задач дробово-лінійного програмування і ґрунтується на розв'язуванні скінченної послідовності лінійних задач оптимізації на розміщеннях. Доведено поліноміальність алгоритму, показано, що у випадку задач на перестановках, запропонований алгоритм може бути поліпшений.

Для розв'язування задач оптимізації лінійної та дробово-лінійної функції на множині розміщень з додатковими (некомбінаторними) обмеженнями розвинуто метод побудови лексикографічної еквівалентності: обґрунтовано його застосування для частково комбінаторних задач. Уведено в розгляд відношення лексикографічної еквівалентності точок відносно розміщень для випадку, коли кількість елементів у вибірці менше вимірності простору [12]. Встановлено властивості класів еквівалентності, на які многогранна множина розбивається введенням відношенням, запропоновано й обґрунтовано алгоритми розв'язування лінійних частково комбінаторних задач оптимізації на розміщеннях на основі напрямленого перебору таких класів еквівалентності.

У [13] обґрунтовано розв'язування нового класу задач – задач лексикографічної оптимізації дробово-лінійної функції на розміщеннях. Встановлено, що розв'язування дробово-лінійної задачі лексикографічної оптимізації може бути здійснене в два етапи: на першому розв'язується задача лінійного програмування, а на другому – задача лексикографічної оптимізації лінійної функції. Обґрунтовано алгоритми розв'язування дробово-лінійних задач на розміщеннях [13–15]. Як і для лінійних задач разом з точними алгоритмами запропоновано наближений, який дозволяє отримувати значення цільової функції, що відрізняється від оптимуму не більше, ніж на задану величину.

Новим напрямом досліджень є поєднання в оптимізаційних задачах обмежень комбінаторного характеру та стохастичної невизначеності вхідних даних. Авторами запропоновано підхід до формулювання оптимізаційних задач з імовірнісною невизначеністю [16–18], який ідейно близький до постановок задач з інтервальною та нечіткою невизначеністю [8, 9]. Підхід ґрунтується на введенні відношення лінійного порядку на відповідній множині. Для використання в постановках оптимізаційних задач введено лінійний порядок на множині дискретних випадкових величин, а також на фактор-множині, яка утворюється в результаті розбиття множини дискретних випадкових величин на класи еквівалентності на основі порівняння їх числових характеристик (наприклад, моментів). Розглянуті деякі властивості запропонованих відношень порядку, зокрема, збереження упорядкування випадкових величин при додаванні до лівої і правої частини співвідношення однієї й тієї самої випадкової

величини. Також проаналізовано можливість введення на множині дискретних випадкових величин адитивної операції, у результаті якої зберігається кількість можливих значень випадкових величин [19].

Згадані порядки передбачають послідовне порівняння числових характеристик випадкових величин, що дає можливість більш повно враховувати специфіку задачі у порівнянні із переходом від стохастичної задачі до детермінованої шляхом заміни випадкових величин однією з їх числових характеристик (математичне сподівання, дисперсія тощо).

Запропонований підхід до постановок оптимізаційних задач з імовірнісною невизначеністю використано для моделювання задачами комбінаторної оптимізації на розміщеннях. Зокрема, вперше побудовано математичні моделі для задачі упакування прямокутників зі стохастичними параметрами у напівнескінченну смугу: формалізація взаємного розташування прямокутників на основі відношення порядку на множині випадкових величин [18]; модель, яка враховує ймовірність накладання прямокутників у смугі [20]; «жорстка» постановка, яка передбачає, що прямокутники не перетинаються при жодних можливих значеннях дискретних випадкових величин [21, 22].

Крім того, у [23, 24] розглянуто й інші моделі у вигляді задач з різними цільовими функціями (лінійними та дробово-лінійними), задач без додаткових (некомбінаторних) обмежень та з лінійними обмеженнями, як детерміновані, так і стохастичні. Урахування комбінаторного характеру обмежень та імовірнісної невизначеності вхідних даних дозволяє будувати більш точні моделі.

Властивості стохастичних задач комбінаторної оптимізації на розміщеннях досліджено в [24–28]. Встановлено властивості розв'язку задачі лінійної безумовної задачі стохастичної оптимізації на розміщеннях, у якій мінімум визначається згідно з лінійним порядком, введеним на множині дискретних випадкових величин: використовуючи критерій екстремалі в лінійній безумовній (детермінованій) задачі, обґрунтовано умову, що може бути покладена в основу пошуку розв'язку, та способи побудови розв'язку [24–26]. Ґрунтуючись на властивостях розв'язку безумовної задачі з детермінованими коефіцієнтами цільової функції, доведено властивості розв'язку для задачі, у якій коефіцієнти цільової функції є випадковими величинами;

запропоновано схему методу гілок і меж для розв'язування лінійних задач оптимізації на розміщеннях з імовірнісною невизначеністю, у якій також запропоновано правила галуження та відсікання множин [26, 27].

Для задач, у яких мінімум визначається на фактор-множині, встановлено зв'язок зі спеціально побудованими детермінованими задачами, запропоновано редукційний метод розв'язування лінійної безумовної задачі комбінаторної стохастичної оптимізації на розміщеннях [28].

У доповіді розглянуто ряд результатів щодо розв'язування евклідових задач комбінаторної оптимізації на розміщеннях, отриманих в останні роки. Як впливає з наведеного огляду, напрямками подальших досліджень може бути продовження вивчення властивостей задач стохастичної комбінаторної оптимізації на розміщеннях, розробка й обґрунтування алгоритмів їх розв'язування.

Список використаних джерел

1. Сергиенко И. В. Модели и методы решения на ЭВМ комбинаторных задач оптимизации / И. В. Сергиенко, М. Ф. Каспишская. – Київ : Наук. думка, 1981. – 288 с.
2. Сергиенко И. В. Классификация прикладных методов комбинаторной оптимизации / И. В. Сергиенко, Л. Ф. Гуляницкий, С. И. Сиренко // Кибернетика и системный анализ. – 2009. – № 5. – С. 71–83.
3. Донець Г. П. Екстремальні задачі на комбінаторних конфігураціях [Електронний ресурс] / Г. П. Донець, Л. М. Колечкіна. – Полтава : ПУЕТ, 2011. – 309 с. – Режим доступу: <http://dspace.puet.edu.ua/handle/123456789/560>. – Назва з екрана.
4. Панишев А. В. Модели и методы оптимизации в проблеме коммивояжера / А. В. Панишев, Д. Д. Плечистый. – Житомир : ЖГТУ, 2006. – 300 с.
5. Яковлев С. В. О некоторых классах задач оптимизации на множестве размещений и их свойствах / С. В. Яковлев, И. В. Гребенник // Изв. вузов. Математика. – 1991. – № 11. – С. 74–86.
6. Стоян Ю. Г. Теорія і методи евклідової комбінаторної оптимізації [Електронний ресурс] / Ю. Г. Стоян, О. О. Ємець. – Київ : Ін-т системн. досліджень освіти, 1993. – 188 с. – Режим доступу: <http://dspace.puet.edu.ua/handle/123456789/487>. – Назва з екрана.
7. Емец О. А. Оптимизация мелко-линейных функций на размещениях [Електронний ресурс] / О. А. Емец, О. А. Черненко. – Київ : Наукова думка, 2011. – 154 с. – Режим доступу: <http://dspace.puet.edu.ua/handle/123456789/467>. – Назва з екрана.

8. Ємець О. О. Розв'язування задач комбінаторної оптимізації на нечітких множинах [Електронний ресурс] / Ємець О. О., Ємець Ол-ра О. – Полтава : ПУЕТ, 2011. – 239 с. – Режим доступу: <http://dspace.uccu.org.ua/handle/123456789/352>. – Назва з екрана.
9. Сергиенко И. В. Задачи оптимизации с интервальной неопределенностью: метод ветвей и границ / Сергиенко И. В., Емец О. А., Емец А. О. // Кибернетика и системный анализ. – 2013. – № 5. – С. 38–50.
10. Емец О. А. Свойства комбинаторных оптимизационных безусловных задач на размещениях с линейной и дробно-линейной целевыми функциями / О. А. Емец, Т. Н. Барболина // Проблемы управления и информатики. – 2016. – № 6. – С. 46–57.
11. Ємець О. О. Властивості екстремалі дробово-лінійної функції на загальній множині розміщень / О. О. Ємець, Т. М. Барболіна // Сучасні проблеми прикладної математики та інформатики : зб. наук. пр. – Львів : Львівський національний університет імені Івана Франка, 2016. – С. 79–82.
12. Барболина Т. Н. Решение частично комбинаторных задач оптимизации на размещениях методом построения лексикографической эквивалентности / Т. Н. Барболина // Кибернетика и системный анализ. – 2013. – № 6. – С. 137–149.
13. Емец О. А. Лексикографическая эквивалентность в частично комбинаторной оптимизации дробно-линейных функций на размещениях / О. А. Емец, Т. Н. Барболина // Кибернетика и системный анализ. – 2017. – № 2. – С. 94–106.
14. Емец О. А. Решение задач оптимизации с дробно-линейными целевыми функциями и дополнительными ограничениями / О. А. Емец, Т. Н. Барболина, О. А. Черненко // Кибернетика и системный анализ. – 2006. – № 5. – С. 79–85.
15. Ємець О. О. Розв'язування умовних задач з дробово-лінійною функцією цілі на множині розміщень / О. О. Ємець, Т. М. Барболіна, О. О. Черненко // Доповіді НАН України. – 2006. – № 11. – С. 15–18.
16. Емец О. А. Об оптимизационных задачах с вероятностной неопределенностью / О. А. Емец, Т. Н. Барболина // Доповіді Національної академії наук України. – 2014. – № 11. – С. 40–45.
17. Барболина Т. Н. О подходе к оптимизации с вероятностной неопределенностью с использованием упорядочивания случайных величин / Т. Н. Барболина // Вісник Запорізького національного університету : зб. наук. ст. Фізико-математичні науки. – 2016. – № 1. – С. 11–20.
18. Емец О. А. Комбинаторная оптимизационная модель упаковки прямоугольников со стохастическими параметрами / О. А. Емец,

- Т. Н. Барболина // Кибернетика и системный анализ. – 2015. – № 4. – С. 99–111.
19. Ємець О. О. Про адитивну операцію на множині дискретних випадкових величин / О. О. Ємець, Т. М. Барболіна // Вісник Одеського національного університету. Математика і механіка. – 2014. – Т. 19, вип. 3 (23). – С. 7–13.
 20. Ємець О. О. Комбінаторна оптимізаційна модель упакування прямокутників з імовірнісними обмеженнями / О. О. Ємець, Т. М. Барболіна // Наукові записки НаУКМА. – 2015. – Т. 177: Комп'ютерні науки. – С. 58–62.
 21. Емец О. А. Формализация взаимного расположения отрезков в задачах с неопределенностью / О. А. Емец, Т. Н. Барболина // Вісник Запорізького національного університету : збірник наукових статей. Фізико-математичні науки. – 2014. – № 2. – С. 55–64.
 22. Емец О. А. О задачах оптимизации взаимного расположения прямоугольников в условиях стохастической, интервальной или нечеткой неопределенности / О. А. Емец, Т. Н. Барболина // Математичне та комп'ютерне моделювання. Серія: Фізико-математичні науки. – 2015. – Вип. 12. – С. 83–100.
 23. Ємець О. О. Моделювання детермінованими і стохастичними задачами комбінаторної оптимізації / О. О. Ємець, Т. М. Барболіна // Математичне та комп'ютерне моделювання. Серія: Фізико-математичні науки. – 2016. – Вип. 14. – С. 70–80.
 24. Ємець О. О. Побудова і дослідження математичної моделі задачі директора зі стохастичними параметрами / О. О. Ємець, Т. М. Барболіна // Вісник Черкаського університету. Серія Прикладна математика. Інформатика. – 2014. – № 18 (311). – С. 3–11.
 25. Емец О. А. О свойствах линейной безусловной задачи комбинаторной оптимизации на размещениях с вероятностной неопределенностью / О. А. Емец, Т. Н. Барболина // Кибернетика и системный анализ. – 2016. – № 2. – С. 127–139.
 26. Ємець О. О. Властивості лінійних безумовних задач оптимізації на розміщеннях з імовірнісною невизначеністю / О. О. Ємець, Т. М. Барболіна // Доповіді НАН України. – 2016. – № 2. – С. 31–37.
 27. Ємець О. О. Лінійні оптимізаційні задачі на розміщеннях з імовірнісною невизначеністю: властивості і розв'язання / О. О. Ємець, Т. М. Барболіна // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2016. – № 1. – С. 107–119.
 28. Емец О. А. Решение линейных безусловных задач комбинаторной оптимизации на размещениях со стохастической неопределенностью / О. А. Емец, Т. Н. Барболина // Кибернетика и системный анализ. – 2016. – № 3. – С. 141–153.

МНОГОГРАННИК СПОЛУЧЕНЬ З НЕОБМЕЖЕНИМИ ПОВТОРЕННЯМИ: СИМПЛЕКСНА ФОРМА

О. О. Ємець, д. ф.-м. н., професор;

Є. М. Ємець, к. ф.-м. н., професор;

Ол-ра О. Ємець, к. ф.-м. н., доцент;

С. В. Ванжа, аспірант

Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі»

yemetsli@ukr.net, yemetsli@mail.ru, yemets2008@ukr.net

В доповіді наводиться правила утворення симплексної форми многогранника сполучень з необмеженими повтореннями. Для симплексної форми многогранника сполучень з необмеженими повтореннями доведено ряд тверджень. На прикладі проілюстровано формування симплексної форми многогранника сполучень з необмеженими повтореннями.

Iemets O. O., Yemets' Ye. M., Yemets' O. O., Vanzha S. V. The polyhedron of combinations with unlimited repetitions: the simplex form. The report provides rules for the formation of the simplex form of polyhedron of combinations with unlimited repetitions. For the simplex form of the polyhedron of combinations with unlimited number of repetitions some statements are proven. In the example it is illustrated forming of the simplex form of the polyhedron of combinations with unlimited repetitions.

Ключові слова: МНОГОГРАННИК СПОЛУЧЕНЬ, СИМПЛЕКСНА ФОРМА МНОГОГРАННИКА, СПОЛУЧЕННЯ З НЕОБМЕЖЕНИМИ ПОВТОРЕННЯМИ.

Keywords: POLYHEDRON OF COMBINATIONS, SIMPLEX FORM OF POLYHEDRON, COMBINATIONS WITH UNLIMITED REPETITIONS.

Вступ. Актуальним напрямком розвитку теорії оптимізації є комбінаторна оптимізація (див., зокрема, [1–17]). Дослідження властивостей комбінаторних множин та їх многогранників є підґрунтям розробки методів комбінаторної оптимізації. Часто одним з етапів таких методів є лінійна релаксація з використанням комбінаторних многогранників. Якщо при цьому використовувати алгоритм Кармаркара (АК), то многогранник треба мати в формі, що дозволяє застосовувати АК – в так звані симплекс-

ній формі. В роботах [18–19] досліджувалась симплексна форма переставного многогранника. В цій роботі розглядається симплексна форма опуклої оболонки евклідової комбінаторної множини сполучень з необмеженими повтореннями, яка введена в [2].

1. Постановка задачі. Розглянемо мультимножину $G = \{g_1, \dots, g_n\}$ з основою $S(G) = \{e_1, \dots, e_n\}$, первинною специфікацією $[G] = (k^n)$, яка означає, що кратність кожного елемента e_i основи в $G \in k \ \forall i \in J_n = \{1, 2, \dots, n\}$. Тоді кожна упорядкована k -вибірка (x_1, \dots, x_k) , де $x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_k$ називається [2] евклідовим сполученням з необмеженими (тобто від 0 аж до k) повтореннями (кожного елемента основи). Множина всіх таких сполучень називається [2] евклідовою множиною сполучень з необмеженими повтореннями, позначається $\bar{S}_n^k(G)$, а її опукла оболонка $\text{conv } \bar{S}_n^k(G)$ позначається $\bar{Q}_n^k(G)$ і називається многогранником сполучень з необмеженими повтореннями.

Як відомо [2], вершинами цього многогранника є точки (e_1, \dots, e_1) , (e_1, \dots, e_1, e_n) , \dots , $(e_1, \dots, e_1, e_n, \dots, e_n)$, \dots , (e_n, \dots, e_n) і тільки вони, а многогранник $\bar{Q}_n^k(G)$ описується системою $e_1 \leq x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_k \leq e_n$ та є симплексом з названими вершинами.

Розглянемо, як многогранник $\bar{Q}_n^k(G)$ представляється в симплексній формі.

Для цього спершу розглянемо необхідні далі перетворення допустимої області ЗЛП в симплексну форму (див., наприклад, [20, 21]).

2. Алгоритм перетворення (АП) допустимих умов ЗЛП в симплексну форму. Нехай

$$cx \rightarrow \max; \quad (1)$$

$$Ax \leq b; \quad (2)$$

$$x \geq 0, \quad (3)$$

$$c = (c_1, \dots, c_k), \quad x = (x_1, \dots, x_k)^T, \quad A = (a_{ij})_{j=1, k}^{i=\overline{1, r}}, \quad b = (b_1, \dots, b_r)^T.$$

Крок 1. Систему (2), (3) зведемо до так званого канонічного вигляду [22, с. 17]

$$Ax + y = b; \quad x, y \geq 0, \quad (4)$$

де $y = (y_1, \dots, y_r)^T$.

Крок 2. Записується додаткове обмеження вигляду

$$\sum_{j=1}^k x_j + \sum_{i=1}^r y_i \leq U, \quad (5)$$

тут U таке велике дійсне додатне число, що всі точки системи (2), (3) задовольняють (5). Якщо $u \geq 0$, то (5) еквівалентно рівності:

$$\sum_{j=1}^k x_j + \sum_{i=1}^r y_i + u = U. \quad (6)$$

Крок 3. Зводимо систему (4) до однорідної, що еквівалентна системі (4). Це можна зробити, помноживши праву частину рівнянь на одиницю у вигляді такого виразу:

$$\frac{\sum_{j=1}^k x_j + \sum_{i=1}^r y_i + u}{U}.$$

Рівняння в (4) набудуть вигляду

$$A^x x + A^y y - bu = \bar{0}, \quad (7)$$

де матриця $A^x = (a_{ij}^x)_{j=1, \overline{k}}$ з елементами з елементами $a_{ij}^x = a_{ij} - \frac{b_i}{U}$

$\forall j \in J_k, \quad \forall i \in J_r$; матриця $A^y = (a_{ij}^y)_{j=1, \overline{k}}$ з елементами $a_{ii}^y = 1 - \frac{b_i}{U}$

$\forall i \in J_r: \quad a_{ij}^y = -\frac{b_i}{U}, \quad j \neq i \quad \forall i \in J_r, \quad \forall j \in J_k; \quad \bar{0} = (0, \dots, 0)^T \in R^r$ –

нульовий вектор стовбець з r елементами.

Крок 4. Перетворюємо умову (6) в гіперплощину, що відсікає на координатних осях одиниці, вводячи нові змінні

$$X_j = \frac{x_j}{U}; \quad Y_i = \frac{y_i}{U}; \quad \frac{u}{U} = V \quad \forall i \in J_r, \quad \forall j \in J_k. \quad (8)$$

Умови задачі разом з перетвореною умовою (6) після заміни (7) визначають симплекс з вершиною в початку координат, а основа описується гіперплощиною, що з осями координат перетинається в одиницях.

З умов (1), (6), (7), використовуючи (8), маємо

$$UcX \rightarrow \max \quad (9)$$

за умов

$$A^X X + A^Y Y - bV = \bar{0}, \quad (10)$$

$$\sum_{j=1}^k X_j + \sum_{i=1}^r Y_i + V = 1, \quad (11)$$

$$X = (X_1, \dots, X_k)^T \geq 0; \quad Y = (Y_1, \dots, Y_r)^T \geq 0; \quad V \geq 0, \quad (12)$$

де

$$A^X = (a_{ij}^X)_{j=1, \overline{k}}^{i=1, \overline{r}}; \quad a_{ij}^X = a_{ij}U - b_j \quad \forall i \in J_r \quad \forall j \in J_k;$$

$$A^Y = (a_{ij}^Y)_{j=1, \overline{k}}^{i=1, \overline{r}}; \quad a_{ii}^Y = U - b_i \quad \forall i \in J_r;$$

$$a_{ij}^Y = -b_i \quad \forall i \neq j; \quad i \in J_r; \quad j \in J_k.$$

Крок 5. Здійснюються перетворення задачі, що задовольняють вимогу: точка, що є центром (барі-центром) симплекса $\left(\frac{1}{N}, \frac{1}{N}, \dots, \frac{1}{N}\right) \in R^N$, задовольняє умовам задачі; тут N – вимірність простору змінних задачі, що визначається при цьому перетворенні.

Для цього в кожному рівнянні (10) (нехай його номер i) відніmemo в лівій частині невід’ємну змінну Z_i , $i \in J_r$, помноживши її на коефіцієнт, який дорівнює алгебраїчній сумі всіх коефіцієнтів лівої частини цього рівняння. Крім цього, щоб забезпечити змінній Z_i нульове значення при максимізації, цільо-

ва функція модифікується доданком $-MZ_i$, який відіграє штрафну місію за рахунок того, що $M > 0$ вибирається достатньо великим. Це робиться для всіх рівнянь ($\forall i \in J_r$). В ліву

частину (11) додається $\sum_{i=1}^r Z_i$.

Задача (9)–(12) набуває вигляду:

$$UcX - M \sum_{i=1}^r Z_i \rightarrow \max, \quad (13)$$

$$A^X X + A^Y Y - A^Z Z - bV = \bar{0}; \quad (14)$$

$$\sum_{j=1}^k X_j + \sum_{i=1}^r Y_i + \sum_{i=1}^r Z_i + V = 1; \quad (15)$$

$$X \geq 0; Y \geq 0; Z = (Z_1, \dots, Z_r)^T \geq 0; V \geq 0, \quad (16)$$

де в (14) A^X ; A^Y матриці описані раніше, а $A^Z = (a_{ij}^Z)_{j=1, \dots, r}^{i=1, \dots, k}$,

$$a_{ii}^Z = U \sum_{j=1}^k a_{ij} - kb_i + U - b_i - (k-1)b_i - b_i = U \sum_{j=1}^k a_{ij} + U - (2k+1)b_i$$

$$\forall i \in J_r; a_{ij}^Z = 0 \quad \forall i \neq j, i \in J_r; j \in J_k.$$

Легко бачити, що для системи (14)–(16) точка $(X^*, Y^*, Z^*, V^*) = \left(\frac{1}{N}, \dots, \frac{1}{N}\right) \in R^N$ є допустимою, а вимірність

простору $N = k + 2r + 1$, якщо $X_i^* = Y_j^* = Z_i^* = V = \frac{1}{N} \quad \forall i \in J_r;$

$\forall j \in J_k$.

3. Перетворення в симплексну форму многогранника сполучень з необмеженими повтореннями. Розглянемо задачу

$$\sum_{j=1}^k c_j x_j \rightarrow \max \quad \text{за умов,} \quad x = (x_1, \dots, x_k) \in \bar{Q}_n^k(G), \quad \text{тобто:}$$

$$e_1 \leq x_1 \leq \dots \leq x_j \leq \dots \leq x_k \leq e_n.$$

Нехай $e_1 > 0$. Обмеження многогранника $\bar{Q}_n^k(G)$ можна записати так:

$$\left\{ \begin{array}{l} -x_1 \leq -e_1, \\ x_1 - x_2 \leq 0, \\ \dots \\ x_{j-1} - x_j \leq 0, \\ \dots \\ x_{k-1} - x_k \leq 0, \\ x_k \leq e_n. \end{array} \right. \quad (17)$$

Застосовуємо АП.

Крок 1. Зводимо (17) до канонічної форми, вводячи в рівняння змінні $y_{j-1,j} \quad \forall j \in J_{k+1}$:

$$-x_1 + y_{0,1} = -e_1, \quad (18)$$

$$x_{j-1} - x_j + y_{j-1,j} = 0 \quad \forall j \in J_k^2 = \{2, 3, \dots, k\}, \quad (19)$$

$$x_k + y_{k,k+1} = e_n. \quad (20)$$

Крок 2. Записуємо додаткове обмеження:

$$\sum_{j=1}^k x_j + \sum_{j=1}^{k+1} y_{j-1,j} \leq U \quad (21)$$

у формі рівності

$$\sum_{j=1}^k x_j + \sum_{j=1}^{k+1} y_{j-1,j} + u = U, \quad (22)$$

де $u \geq 0$.

Оцінімо змінну U . Додамо $\forall j \in J_k^2$ обмеження (19). Маємо:

$$x_1 - x_k + \sum_{j=2}^k y_{j-1,j} = 0,$$

або

$$\sum_{j=2}^k y_{j-1,j} = x_k - x_1 \leq e_n - e_1, \quad (23)$$

з (18)

$$y_{0,1} = x_1 - e_1 \leq e_n - e_1, \quad (24)$$

а з (20):

$$y_{k,k+1} = e_n - x_k \leq e_n - e_1. \quad (25)$$

З (23)–(25) одержуємо:

$$\sum_{j=1}^k y_{j-1,j} \leq 3(e_n - e_1). \quad (26)$$

Як відомо [3], в многограннику сполучень з необмеженими повтореннями є вершина $(e_n, \dots, e_n) \in R^k$, і це найбільші можливі значення кожної з координат x , тобто $\forall x$ з цього многогранника

$$\sum_{i=1}^k x_i \leq k e_n. \quad (27)$$

З умов (21), (26), (27) маємо

$$\sum_{j=1}^k x_j + \sum_{j=1}^{k+1} y_{j-1,j} \leq (k+3)e_n - 3e_1. \quad (28)$$

Отже, доведене таке.

Твердження 1. Для многогранника сполучень з необмеженими повтореннями справедлива нерівність (21), де

$$U = (k+3)e_n - 3e_1. \quad (29)$$

Крок 3. Для зведення системи (18)–(20) до однорідної помножимо праві частини (18) та (20) на вираз

$$\frac{\sum_{j=1}^k x_j + \sum_{j=1}^{k+1} y_{j-1,j} + u}{(k+3)e_n - 3e_1},$$

що згідно (22), (29) є одиницею. Одержимо

$$-x_1 + y_{0,1} = \frac{e_1}{3e_1 - (k+3)e_n} \left(\sum_{j=1}^k x_j + \sum_{j=1}^{k+1} y_{j-1,j} + u \right); \quad (30)$$

$$x_k + y_{k,k+1} = \frac{e_n}{(k+3)e_n - 3e_1} \left(\sum_{j=1}^k x_j + \sum_{j=1}^{k+1} y_{j-1,j} + u \right); \quad (31)$$

або після спрощення

$$\begin{aligned} [4e_1 - (k+3)e_n]x_1 + e_1 \sum_{j=2}^k x_j + [(k+3)e_n - 2e_1]y_{0,1} + \\ + e_1 \sum_{j=2}^{k+1} y_{j-1,j} + e_1 u = 0, \end{aligned} \quad (32)$$

$$\begin{aligned} e_n \sum_{j=1}^{k-1} x_j + [3e_1 - (k+2)e_n]x_k + e_n \sum_{j=1}^k y_{j-1,j} + \\ + [3e_1 - (k+2)e_n]y_{k,k+1} + e_n u = 0. \end{aligned} \quad (33)$$

Крок 4. Робимо заміну змінних згідно (8). Маємо задачу

$$[(k+1)e_n - e_1] \sum_{j=1}^k c_j X_j \rightarrow \max,$$

що еквівалентно (1), за умов:

$$\begin{aligned} [4e_1 - (k+3)e_n]X_1 + e_1 \sum_{j=2}^k X_j + [(k+3)e_n - 2e_1]Y_{0,1} + \\ + e_1 \sum_{j=2}^{k+1} Y_{j-1,j} + e_1 V = 0; \end{aligned} \quad (34)$$

$$X_{j-1} - X_j + Y_{j-1,j} = 0 \quad \forall j \in J_k^2; \quad (35)$$

$$\begin{aligned} e_n \sum_{j=1}^{k-1} X_j + [3e_1 - (k+2)e_n]X_k + e_n \sum_{j=1}^k Y_{j-1,j} + \\ + [3e_1 - (k+2)e_n]Y_{k,k+1} + e_n V = 0; \end{aligned} \quad (36)$$

$$\sum_{j=1}^k X_j + \sum_{j=1}^{k+1} Y_{j-1,j} + V = 0. \quad (37)$$

Крок 5. В кожному з рівнянь (34)–(36) в лівій частині віднімаємо власну невід’ємну змінну $W_{j-1,j}$ (з тими індексами, з якими входить у відповідне рівняння змінна $Y_{j-1,j}$), $\forall j \in J_k^2$ – в (35); $W_{0,1}$ в (34), $W_{k,k+1}$ – в (36)). Коефіцієнт при $W_{j-1,j}$ позначимо $\alpha_{j-1,j} \quad \forall j \in J_{k+1}^1 = \{1, 2, \dots, k+1\}$. В (37) введемо змінну $W_{k+1,k+2}$ з коефіцієнтом $\alpha_{k+1,k+2}$.

Твердження 2. Коефіцієнт $\alpha_{j-1,j} \quad \forall j \in J_{k+1}^1$ обчислюється так:

$$\begin{aligned} \alpha_{0,1} &= 4e_1 - (k+3)e_n + e_1(k-1) + [(k+3)e_n - 2e_1] + (k+1)e_1 + e_1 = \\ &= e_1(4+k-2+k+1+1) = (2k+3)e_1; \end{aligned}$$

$$\alpha_{j-1,j} = 1 - 1 + 1 = 1 \quad \forall j \in J_k^2;$$

$$\begin{aligned} \alpha_{k,k+1} &= e_n(k-1) + 3e_1 - (k+2)e_n + e_n k + 3e_1 - (k+2)e_n + e_n = \\ &= 6e_1 + e_n(k-1-k-2+k-k-2+1) = 6e_1 - 4e_n. \end{aligned}$$

$$\alpha_{k+1,k+2} = k + k + 1 + 1 = 2(k+1).$$

Після кроку 5 маємо задачу:

$$\sum_{j=1}^n c_j x_j - M \sum_{j=1}^{k+2} W_{j-1,j} \rightarrow \max$$

$$\begin{aligned} [2e_1 - (k+1)e_n]X_1 + e_1 \sum_{j=2}^k X_j + (k+1)e_n Y_{0,1} + e_1 \sum_{j=2}^{k+2} Y_{j-1,j} + \\ + e_1 V - (2k+3)e_1 W_{0,1} = 0, \end{aligned} \quad (38)$$

$$X_{j-1} - X_j + Y_{j-1,j} - W_{j-1,j} = 0; \quad \forall j \in J_k^2, \quad (39)$$

$$\begin{aligned} e_n \sum_{j=1}^{k-1} X_j + (e_1 - ke_n)X_k + e_n \sum_{j=1}^k Y_{j-1,j} + (e_1 - ke_n)Y_{k,k+1} + e_n V - \\ - (6e_1 - 4e_n)W_{k,k+1} = 0, \end{aligned} \quad (40)$$

$$\sum_{j=1}^k X_j + \sum_{j=1}^{k+1} Y_{j-1,j} + V - 2(k+1)W_{k+1,k+2} = 1. \quad (41)$$

Зауважимо, що $r = k + 1$, отже $N = k + 2r + 1 = k + 2k + 2 + 1 = 3(k + 1)$.

Висновки. Одержано симплексну форму многогранника сполучень з необмеженими повтореннями. Як напрямок подальших досліджень доцільно дослідити її використання в задачах оптимізації на сполученнях.

Список використаних джерел

1. Сергиенко И. В. Модели и методы решения на ЭВМ комбинаторных задач оптимизации / И. В. Сергиенко, М. Ф. Каспшицкая. – Киев : Наук. думка, 1981. – 288 с.
2. Стоян Ю. Г. Теорія і методи евклідової комбінаторної оптимізації [Електронний ресурс] / Ю. Г. Стоян, О. О. Ємець. – Киев : Ін-т системн. досліджень освіти, 1993. – 188 с. – Режим доступу: <http://dspace.uccu.org.ua/handle/123456789/487>. – Назва з екрана.
3. Стоян Ю. Г. Оптимізація на полірозміщеннях: теорія та методи [Електронний ресурс] / Ю. Г. Стоян, О. О. Ємець, Є. М. Ємець. – Полтава : ПУСКУ, 2005. – 103 с. – Режим доступу: <http://dspace.uccu.org.ua/handle/123456789/376>. – Назва з екрана.
4. Емец О. А. Евклидовы комбинаторные множества и оптимизация на них. Новое в математическом программировании [Електронний ресурс] : учеб. пособие / О. А. Емец. – Киев : УМК ВО, 1992. – 92 с. – Режим доступу: <http://dspace.uccu.org.ua/handle/123456789/489>. – Назва з екрана.
5. Ємець О. О. Дослідження областей визначення задач евклідової комбінаторної оптимізації на переставних множинах [Електронний ресурс] / О. О. Ємець, Л. М. Колечкіна, С. І. Недобачій. – Полтава : Полтавський державний технічний університет ім. Юрія Кондратюка, ЧПКП «Легат», 1999. – 64 с. – Режим доступу: <http://dspace.uccu.org.ua/handle/123456789/488>. – Назва з екрана.
6. Емец О. А. Оптимизация на полиперестановках [Електронний ресурс] / О. А. Емец, Н. Г. Романова. – Киев : Наук. думка, 2010. – 105 с. – Режим доступу: <http://dspace.uccu.org.ua/handle/123456789/474>. – Назва з екрана.
7. Ємець О. О. Задачі комбінаторної оптимізації з дробово-лінійними функціями / О. О. Ємець, Л. М. Колечкіна. – Київ : Наук. думка, 2005. – 117 с. – Режим доступу: <http://dspace.uccu.org.ua/handle/123456789/474>. – Назва з екрана.

8. Ємець О. О. Задачі оптимізації на полікомбінаторних множинах: властивості та розв'язування [Електронний ресурс] : монографія / О. О. Ємець, О. В. Роскладка. – Полтава : ПУСКУ, 2006. – 129 с. – Режим доступу: <http://dspace.uccu.org.ua/handle/123456789/377>. – Назва з екрана.
9. Ємець О. О. Розв'язування задач комбінаторної оптимізації на нечітких множинах [Електронний ресурс] : монографія / О. О. Ємець, Ол-ра О. Ємець. – Полтава : ПУЕТ, 2011. – 239 с. – Режим доступу: <http://dspace.uccu.org.ua/handle/123456789/352>. – Назва з екрана.
10. Емец О. А. Оптимизация дробно-линейных функций на размещениях [Електронний ресурс] : монография / О. А. Емец, О. А. Черненко. – Киев : Наук. думка, 2011. – 154 с. – Режим доступу: <http://dspace.uccu.org.ua/handle/123456789/467>. – Назва з екрана.
11. Ємець О. О. Моделі евклідової комбінаторної оптимізації [Електронний ресурс] : монографія / О. О. Ємець, О. О. Черненко. – Полтава : ПУЕТ, 2011. – 204 с. – Режим доступу: <http://dspace.uccu.org.ua/handle/123456789/354>. – Назва з екрана.
12. Ємець О. О. Транспортні задачі комбінаторного типу: властивості, розв'язування, узагальнення [Електронний ресурс] : монографія / О. О. Ємець, Т. О. Парфьонова. – Полтава : ПУЕТ, 2011. – 174 с. – Режим доступу: <http://dspace.uccu.org.ua/handle/123456789/353>. – Назва з екрана.
13. Емец О. А. Комбинаторная оптимизация на размещениях [Електронний ресурс] / О. А. Емец, Т. Н. Барболина. – Киев : Наук. думка, 2008. – 159 с. – Режим доступу: <http://dspace.uccu.org.ua/handle/123456789/473>. – Назва з екрана.
14. Донець Г. П. Екстремальні задачі на комбінаторних конфігураціях : монографія / Г. П. Донець, Л. М. Колечкіна. – Полтава : ПУЕТ, 2011. – 309 с.
15. Панишев А. В. Модели и методы оптимизации в проблеме коммивояжера / А. В. Панишев, Д. Д. Плечистый. – Житомир : ЖДТУ, 2006. – 300 с.
16. Гуляницький Л. Ф. Розробка моделей і наближених методів комбінаторної оптимізації та їх застосування в інформаційних технологіях: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук : спец. 01.05.02 «Математичне моделювання та обчислювальні методи» / Л. Ф. Гуляницький. – Київ, 2005. – 32 с.
17. Гребеннік І В. Математичні моделі і методи комбінаторної оптимізації в геометричному проектуванні : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук: спец. 01.05.02 «Математичне моделювання та обчислювальні методи» / І. В. Гребеннік. – Х., 2006. – 30 с.

18. Ємець О. О. Оптимізація лінійної функції на переставленнях: перетворення переставного многогранника до вигляду, необхідного для використання в алгоритмі Кармаркара / О. О. Ємець, Є. М. Ємець, Д. М. Ольховський // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2010. – № 2. – С. 43–49.
19. Емец О. А. Симплексная форма общего перестановочного многогранника, заданного неприводимой системой / О. А. Емец, М. В. Леонова // Проблемы управления и информатики. – 2014. – №1. – С. 68–79.
20. Зайченко Ю. П. Исследование операций / Ю. П. Зайченко. – Киев : Видавничий дім «Слово», 2003. – 688 с.
21. Таха Х. А. Введение в исследование операций / Х. А. Таха. – Москва : Издат. дом «Вильямс», 2005. – 912 с.
22. Ермольев Ю. М. Математические методы исследования операций / Ю. М. Ермольев, И. И. Ляшко, В. С. Михалевич, В. И. Тюптя. – Киев : Вища шк., 1979. – 312 с.

УДК 519.8

МЕТОД ГІЛОК ТА МЕЖ В КОМБІНАТОРНІЙ, НЕЧІТКІЙ ТА ІНТЕРВАЛЬНІЙ ОПТИМІЗАЦІЇ: ОГЛЯД РОБІТ ПОЛТАВСЬКИХ ДОСЛІДНИКІВ

О. О. Ємець, д. ф.-м. н., професор

Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі»

yemetsli@ukr.net

І. М. Поляков, аспірант

Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі»

ivanplkv1@gmail.com

В доповіді наведено огляд робіт з методу гілок та меж за 25 років.

Iemets O. O., Polyakov I. M. Branch and bound method in combinatorial, fuzzy and interval optimization: the review of publications of Poltava researchers. The report provides an overview of works of the branch and bound method for 25 years.

Ключові слова: КОМБІНАТОРНА ОПТИМІЗАЦІЯ, РОЗМІЩЕННЯ, МЕТОД ГІЛОК ТА МЕЖ, ПЕРЕСТАНОВКИ, НЕЧІТКА ОПТИМІЗАЦІЯ, ІНТЕРВАЛЬНА ОПТИМІЗАЦІЯ.

Keywords: COMBINATORIAL OPTIMIZATION, ARRANGEMENTS, BRANCH AND BOUND METHOD, PERMUTATIONS, FUZZY OPTIMIZATION, INTERVAL OPTIMIZATION.

В доповіді дається огляд та ґрунтовна хронологічна бібліографія робіт з методу гілок та меж (МГМ), виконаних дослідниками Полтави за 25 років.

Ці роботи можна поділити за такими напрямками:

1) одержання оцінок опуклих та дробово-лінійних функцій на комбінаторних множинах та комбінаторних многогранниках [1–6, 9, 10, 12, 13, 15, 16, 24, 28–33, 35, 38, 39, 47, 51, 54, 56, 57, 61, 62, 64–67, 78, 79, 81–83];

2) одержання опуклих продовжень в евклідов простір функцій, що задані на комбінаторних множинах [7, 8, 11, 14, 16, 20–23, 25, 27, 34, 36, 37, 43];

3) одержання оцінок в МГМ для лінійних задач евклідової комбінаторної оптимізації на перестановках [18, 19, 40–44, 46, 47, 49, 51, 56, 57, 65, 68, 69, 77, 81–83];

4) оцінки в МГМ та їх властивості в лінійних задачах евклідової комбінаторної оптимізації на розміщеннях [45, 50, 54, 55, 58, 59, 63, 64, 66, 67, 74–76, 78, 79];

5) МГМ в задачах оптимізації з нечіткою невизначеністю [48, 49, 52, 70, 71] та в задачах інтервальної оптимізації [60, 72, 73, 80].

Література

1990

1. Стоян Ю. Г., Гребенник И. В., Емец О. А. Комбинаторные множества размещений и их свойства. – Харьков, 1990. – 38 с. – (Препринт АН УССР/Ин-т проблем машиностр.; 342).

1991

2. Емец О. А. Множество сочетаний с повторениями, отображенное в R^k , и свойства задач оптимизации на нем // Докл. АН УССР. – 1991. – № 4. – С. 69–72.

3. Емец О. А. Свойства целевых функций на сочетаниях и размещениях // В кн.: Тезисы докладов 43 научн. конференции профессоров, преподавателей, научных работников, аспирантов и студентов института / Минвуз УССР. Полт. инж.-строит. ин-т. – Полтава, 1991. – С. 283.

1992

4. Емец О. А. Евклидовы комбинаторные множества и оптимизация на них. Новое в математическом программировании:

Учеб. пособие. – Киев : УМК ВО, 1992. – 92 с. – Режим доступа: <http://dspace.ucsu.org.ua/handle/123456789/489>.

5. Емец О. А. Об оптимизации выпуклых недифференцируемых функций на евклидовых комбинаторных множествах // В кн.: Тезисы докладов 44 научн. конференции профессоров, преподавателей, научных работников, аспирантов и студентов института / Минобразования Украины. Полт. инж.-строит. ин-т. – Полтава, 1992. – С. 281.

6. Емец О. А. Экстремальные свойства недифференцируемых выпуклых функций на общем евклидовом множестве размещений // В кн.: Системы программного обеспечения решения экономических задач: Крат. тез. докл. (XII конф., Нарва-Йыэссу, 1992 г.) / РАН, ЦЭМИ, ВЦ РАН. – М., 1992. – С. 7–8.

7. Емец О. А. Валуйская О. А. Построение выпуклой в R^k функции, совпадающей на гиперсфере с заданной функцией // В кн.: Тезисы докладов 44 научн. конференции профессоров, преподавателей, научных работников, аспирантов и студентов института / Минобразования Украины. Полт. инж.-строит. ин-т. – Полтава, 1992. – С. 282.

1993

8. Емец О. А., Валуйская О. А. К оптимизации выпуклых функций на перестановках // В кн.: Тези доповідей 45 наук. конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів інституту. Частина 2 / Міносвіти України. Полт. інж.-будів. ін-т. – Полтава, 1993. – С. 205.

9. Емец О. А. Экстремальные свойства недифференцируемых выпуклых функций на евклидовых комбинаторных множествах // В кн.: Математическое моделирование и оптимизация технических систем и процессов: Сб. научн. тр. / АН Украины. Ин-т кибернетики им. В. М. Глушкова, научн. совет АН Украины по пробл. «Кибернетика»; Редкол.: Рвачев В. Л. (отв. ред.) и др. – Киев, 1993. – С. 34–37.

10. Стоян Ю. Г., Емец О. О. Теорія і методи евклідової комбінаторної оптимізації. – Київ : Ін-т системн. досліджень освіти, 1993. – 188 с. – Режим доступа:

<http://dspace.ucsu.org.ua/handle/123456789/487>.

11. Емец О. А., Валуйская О. А. О методе евклидовой комбинаторной оптимизации с использованием выпуклого продолжения целевой функции и покрывающего множества симплек-

сов / Полт. інж.-строит. ін-т. – Полтава, 1993. – 21 с. – Деп. в ГНТБ України 07.02.94, № 255-Ук94.

1994

12. Емец О. А. Об экстремальных свойствах недифференцируемых выпуклых функций на евклидовом множестве сочетаний с повторениями // Украинский математический журнал. – 1994. – Т. 46, № 6. – С. 680–691.

13. Емец О. А. Об оптимизации линейных и выпуклых функций на евклидовом комбинаторном множестве полиперестановок // Журнал вычислит. матем. и матем. Физики. – 1994. – Т. 34, № 6. – С. 855–869.

14. Емец О. А., Валуйская О. А. Метод выпуклого продолжения дважды непрерывно дифференцируемой функции с гиперсферы в евклидово пространство / Полт. техн. ун-т. – Полтава, 1994. – 8 с. – Деп. в ГНТБ України 14.12.94, № 2430-Ук94.

15. Yemets O. A. The optimization of linear and convex functions on a Euclidean combinatorial set of polypermutations // Comp. Maths. Math. Phys. – 1994. – V. 34, № 6. – P. 737–748.

16. Emets O. A. Extremal properties of nondifferentiable convex functions on Euclidean sets of combinations with repetitions // Ukrainian Mathematical Journal. – 1994. – V. 46, № 6. – P. 735–747.

17. Ємець О. О., Валуйська О. О. Метод опуклого продовження цільової функції з гіперсфери в евклідовий простір // В кн.: Тези доповідей 46 наук. конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів інституту. Ч. 1 / Міносвіти України. Полт. інж.-будів. ін-т. – Полтава, 1994. – С. 83.

18. Ємець О. О., Євсеева Л. Г. Нижні межі та достатні умови мінімуму в задачі розміщення прямокутників у напівнескінченну смугу // В кн.: Тези доповідей 46 наук. конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів інституту. Ч. 1 / Міносвіти України. Полт. інж.-будів. ін-т. – Полтава, 1994. – С. 87.

19. Емец О. А., Евсеева Л. Г. Одна комбинаторная задача размещения прямоугольников: алгоритмы решения, численные эксперименты. – В кн.: Автоматизация архитектурно-строительного проектирования: Межвуз. сб. научн. тр. / Рост. гос. архит. ин-т. – Ростов-н/Д, 1994. – С. 130–138.

1995

20. Ємець О. О., Валуйська О. О. Про опукле продовження цільової функції з обмеженими частинними похідними першого та другого порядку // В кн.: Тези доповідей 47 наук. конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету. Ч. 1 / Міносвіти України. Полт. техн. ун-т. – Полтава, 1995. – С. 64.

21. Емец О. А., Валуйская О. А. Изменения и дополнения метода выпуклого продолжения дважды непрерывно дифференцируемой функции с гиперсферы в евклидово пространство / Полт. техн. ун-т. – Полтава, 1995. – 8 с. – Деп. в ГНТБ України 10.05.95, № 1031-Ук95.

22. Емец О. А., Валуйская О. А. Выпуклое продолжение дважды непрерывно дифференцируемой функции с гиперсферы в евклидово пространство // В кн.: Тезисы докл. 3 международ. науч.-техн. конф. «Контроль и управление в технических системах» / Минобразования Украины. Вин. гос. ун-т. – Винница, 1995. – С. 116–117.

1996

23. Ємець О. О., Валуйська О. О. Опукле продовження $C^2(R^k)$ функції з гіперсфери в опуклі множини // В кн.: Тези доповідей 48 наук. конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету. Ч. 1 / Міносвіти України. Полт. техн. ун-т. – Полтава, 1996. – С. 66.

1997

24. Ємець О. О., Ємець Є. М. Властивості множини полірозміщень, її опуклої оболонки та задачі оптимізації на цій множині / Полт. техн. ун-т. – Полтава, 1997. – 23 с. – Деп. в ДНТБ України 21.08.97, № 480-Ук97.

1998

25. Стоян Ю. Г., Яковлев С. В., Ємець О. О., Валуйська О. О. Про існування опуклого продовження функцій, які задані на гіперсфері // Доповіді НАН України. – 1998. – № 2. – С. 128–133.

26. Stoyan Yu. G., Yakovlev S. V., Emets O. A., Valui-skaya O. A. Construction of convex continuations for functions defined on a hypersphere // *Cybernetics and Systems Analysis*. – 1998. – V. 34, № 2. – P. 176–184.

27. Стоян Ю. Г., Яковлев С. В., Емец О. А., Валуйская О. А. Построение выпуклых продолжений для функций заданных на гиперсфере // *Кибернетика и системный анализ*. – 1998. – № 2. – С. 27–37.

28. Yemets O., Yemets Ye. Optimization problems on a set of polyarrangements // *Seventh International Scientific Kravchuk Conference (14–16 may 1998, Kyiv): Conference Materials*. – Kyiv, 1998. – P. 167–168.

29. Ємець О. О., Роскладка А. А. До оптимізації оцінок екстремальних значень сильно опуклих функцій на сполученнях // *Вісник держ. ун-ту «Львівська політехніка»*. – 1998. – № 337, «Прикладна математика». – Т. 2. – С. 320–322.

1999

30. Стоян Ю. Г., Ємець О. О., Ємець Є. М. Множини полірозміщень в комбінаторній оптимізації // *Доповіді НАНУ*. – 1999. – № 8. – С. 37–41.

31. Ємець О. О., Роскладка А. А. Про оцінки мінімумів цільових функцій при оптимізації на сполученнях // *Український математичний журнал*. – 1999. – Т. 51. – № 8. – С. 1118–1121.

32. Emets O. A., Roskladka A. A. On estimates of minima criterion functions in optimization on combinations // *Ukrainian Mathematical Journal*. – 1999. – Vol. 51. – № 8. – P. 1262–1265.

2000

33. Ємець О. О., Ємець Є. М. Безумовна оптимізація на полірозміщеннях: достатні умови та оцінки мінімумів сильно опуклих цільових функцій // *Вісник Запорізького державного університету*. – Запоріжжя : ЗДУ, 2000. – № 1. – С. 44–48.

34. Ємець О. О., Пічугіна О. С., Романова Н. Г. Про поширення на поліпереставлення методу Стояна-Яковлева опуклого продовження функції та його ефективність // В кн. VIII міжн. наук. конф. ім. ак. М. Кравчука (11–14 травня 2000 р., Київ) : Матеріали конф. – Київ, 2000. – С. 278.

35. Ємець О. О., Ємець Є. М. Оцінки та достатні умови мінімуму сильно опуклої функції при її мінімізації на розміщеннях // Волинський математичний вісник. – Рівне : РДГУ, 2000. – № 7. – С. 67–69.

2002

36. Валуїская О. А., Емец О. А., Романова Н. Г. Выпуклое продолжение многочленов, заданных на полиперестановках, модифицированным методом Стояна-Яковлева // Журн. Вычислит. математ. и матем. физики. – 2002. – Т. 42, № 4. – С. 591–596.

37. Valuiskaya O. A., Emets O. A., Romanova N. G. Stoyan-Yakovlev's modified method applied to convex continuation of polynomials defined on polypermutations // Computational Mathematics and Mathematical Physics. – 2002. – V. 42. – № 4. – P. 566–570.

2004

38. Емец О. А., Емец Е. М. К безусловной минимизации на перестановках сильно выпуклой функции // Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції «Наука і освіта – 2004» (10–25 лютого 2004 року). Том 70. Математика. – Дніпропетровськ : Наука і освіта, 2004. – С. 40–42.

2005

39. Стоян Ю. Г., Ємець О. О., Ємець Є. М. Оптимізація на полірозміщеннях: теорія та методи. – Полтава : ПУСКУ, 2005. – 103 с. – Режим доступу:

<http://dSPACE.UCCU.ORG.UA/handle/123456789/376>. (ISBN 996-7971-27-9, 6,4 др. акр.).

2010

40. Ємець О. О. Оцінювання допустимих множин розв'язків комбінаторної транспортної задачі на переставленнях, що розв'язується методом гілок та меж / О. О. Ємець, Т. О. Парфенова // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2010. – № 1. – С. 21–28.

41. Емец О. А., Парфенова Т. А. Транспортные задачи на перестановках: свойства оценок в методе ветвей и границ // Кибернетика и сист. анализ. – 2010. – № 6. – С. 106–112

42. Emets O. O., Parfionova T. O. Transportation problems on permutations: properties of estimates in the branch and bound method // Cybernetics and Systems Analysis. – 2010. – V. 46, № 6. – P. 953–959.

2011

43. Емец О. А., Романова Н. Г. Оптимизация на полиперестановках. – Киев : Наук. думка, 2010. – 105 с. – Режим доступу: <http://dspace.uccu.org.ua/handle/123456789/474>. (ISBN 978-966-00-1081-9, 6,5 др. акр.).

44. Чілікіна Т. В., Ємець О. О., Ємець Є. М., Парфьонова Т. О. Оцінка в методі гілок та меж для лінійної умовної задачі комбінаторної оптимізації на переставленнях // В кн. : Інформатика та системні науки (ISN-2011) : Матеріали II Всеукраїн. наук.-прак. конф. (17–19 березня 2011 р., м. Полтава). – Полтава : ПУЕТ. – С. 328–331.

45. Ємець О. О. Оптимізація лінійної функції на розміщеннях за умов одиничності суми елементів розміщення / О. О. Ємець, Ол-ра О. Ємець // Комбінаторна оптимізація та нечіткі множини (КОНеМ-2011) : Матеріали Всеукраїн. наук. семінару 26–27 серпня 2011 р. – Полтава : ПУЕТ, 2011. – С. 45–51. Режим доступу:

<http://dspace.uccu.org.ua/handle/123456789/1020>.

46. Ємець О. О. Лінійні умовні задачі комбінаторної оптимізації на переставленнях та їх розв'язування / О. О. Ємець, Є. М. Ємець, Т. О. Парфьонова, Т. В. Чілікіна // Штучний інтелект. – 2011. – № 2. – С. 131–136.

47. Ємець О. О. Оцінки в методі гілок та меж для задач нелінійної умовної оптимізації на переставленнях / О. О. Ємець, Є. М. Ємець, Т. О. Парфьонова, Т. В. Чілікіна // Матеріали Одинадцятого Міжвузівського науково-практичного семінару «Комбінаторні конфігурації та їх застосування» (15–16 квітня 2011 р., Кіровоград). – Кіровоград : КНТУ, 2011. – С. 74–75.

2012

48. Ємець О. О. Розв'язування задач комбінаторної оптимізації на нечітких множинах: монографія / О. О. Ємець, Ол-ра О. Ємець. – Полтава : ПУЕТ, 2011. – 239 с. – Режим доступу: <http://dspace.uccu.org.ua/handle/123456789/352>. (ISBN 978-966-184-144-3; 14,9 др. акр.).

49. Ємець О. О. Транспортні задачі комбінаторного типу: властивості, розв'язування, узагальнення : монографія / О. О. Ємець, Т. О. Парфьонова. – Полтава : ПУЕТ, 2011. – 174 с. – Режим доступу: <http://dspace.uccu.org.ua/handle/123456789/353>. (ISBN 978-966-184-146-7; 10,9 др. акр.).

50. Ємець О. О. Властивість оцінки в методі гілок та меж при оптимізації лінійної функції на розміщеннях за додаткових умов / О. О. Ємець, Ол-ра О. Ємець // Інформатика та системні науки (ІСН-2012): Матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Полтава, 1–3 березня 2012 р.). – Полтава: ПУЕТ, 2012. – С. 83–89. Режим доступу: <http://dspace.uccu.org.ua/handle/123456789/1047>.

51. Ємець Є. М. Економіко математичні моделі нелінійної умовної оптимізації на переставленнях: метод гілок і меж / Є. М. Ємець, О. О. Ємець, Т. О. Парфьонова, Т. В. Чілікіна // Науковий вісник ПУЕТ: Сер. Економічні науки – 2011. – № 3 (48). – С. 107–113.

52. Емец О. А. Оптимизация на нечетких множествах методом ветвей и границ / О. А. Емец, А. О. Емец, Т. А. Парфёнова // Материалы 3-й международной конференции «Математическое моделирование, оптимизация и информационные технологии – 2012» (Кишинёу 19–23 марта, 2012 г.). – С. 338–347. – Режим доступа:

http://www.aticmd.md/wp-content/uploads/2012/03/A_41_Emeth-Parf.pdf.

53. Ємець О. О. Розв'язування цілочислової задачі дробово-лінійної оптимізації: метод гілок та меж / О. О. Ємець, О. О. Черненко // Системні технології. Регіон. міжвуз. збір. наук. праць – Дніпропетровськ, 2012. – Вип. 3 (80). – С. 21–26.

54. Емец О. А. Решение линейной задачи евклидовой комбинаторной оптимизации на размещениях с условием постоянства суммы элементов размещения / О. А. Емец, А. О. Емец // Кибернетика и системный анализ. – 2012. – № 4. – С. 83–94.

55. Iemets O. O. Solving a linear problem of Euclidean combinatorial optimization on arrangements with the constant sum of the elements / O. O. Iemets, O. O. Yemets // Cybernetics and Systems Analysis – 2012 – V. 48, № 4. – P. 547–557.

56. Емец О. А. Решение методом ветвей и границ одной задачи минимизации взвешенной длины связующей сети / О. А. Емец, А. О. Емец // Проблемы управления и информатики. – 2012. – № 4. – С. 44–54.

57. Yemets O. A. The Solution of a Minimization Problem of the Weighted Length of a Connecting Grid by Branch and Bound Method / Oleg A. Yemets, Alexandra O. Yemets // Journal of Automation and Information Sciences. – 2012. – Vol. 44, № 7. – P. 22–33.

58. Yemets' Oleg O. Fuzzy optimization by a branch and bound method / Oleg O. Yemets', Oleksandra O. Yemets' // 19th Zittau East-West Fuzzy Colloquium: Conference Proceedings, September 5–7, 2012, Zittau, Germany. – Hochschule Zittau/Gorlitz: Univ. of Appl. Sciences – P. 117–124.

59. Iemets O. A Branch and Bound Method for Optimization Problems with Fuzzy Numbers / O. Iemets, O. Yemets' // Modeling and Simulation : MS'2012 : Proc. of the Intern. Conf., 2–4 May 2012, Minsk, Belarus. – Minsk : Publ. Center of BSU, 2012. – P. 62–65.

60. Ємець О. О. Метод гілок та меж для задач з інтервальною невизначеністю / О. О. Ємець, Ол-ра О. Ємець // Комбінаторна оптимізація та нечіткі множини (КОНеМ-2012): Матеріали II Всеукраїн. наук. семінару 7–8 вересня 2012 р. – Полтава: РВВ ПУЕТ, 2012. – С. 21–28. – Режим доступу:

<http://dspace.uccu.org.ua/handle/123456789/1053>.

61. Ємець О. О. Алгоритм методу гілок та меж для розв'язування дискретної задачі дробово-лінійної оптимізації / О. О. Ємець, О. О. Черненко // Комбінаторна оптимізація та нечіткі множини (КОНеМ-2012) : Матеріали II Всеукраїн. наук. семінару 7–8 вересня 2012 р. – Полтава : ПУЕТ, 2012. – С. 49–53.

62. Ємець О. О. Метод гілок та меж для розв'язування цілочислової задачі дробово-лінійної оптимізації / О. О. Ємець, О. О. Черненко // Штучний інтелект. – 2012. – № 2. – С. 6–12.

63. Ємець О. О. Застосування методу гілок та меж до комбінаторної задачі знаходження максимального потоку / О. О. Ємець, Є. М. Ємець, Ю. Ф. Олексійчук // Міжнарод. наук. семін. «Дискретна математика та її застосування у економіко-математичному моделюванні та інформаційних технологіях (до 75-річчя проф В. О. Перепелиці) : зб. тез допов. (11–13 жовтня 2012 р., м. Запоріжжя). – Запоріжжя : ЗНУ, 2012. – С. 26–27.

64. Ємець О. О. Алгоритм методу гілок та меж для розв'язування умовної задачі оптимізації дробово-лінійної цільової функції на множині розміщень / О. О. Ємець, О. О. Черненко // Матеріали тринадцятого міжвузівського науково-практичного семінару «Комбінаторні конфігурації та їх застосування» (13–14 квітня 2012 р., м. Кіровоград). – Кіровоград : КНТУ, 2012. – С. 59–62.

65. Емец О. А. Метод ветвей и границ в одной задаче минимизации взвешенной длины связующей сети / О. А. Емец,

А. О. Емец // Матеріали 12-го Міжвузівського науково-практичного семінару «Комбінаторні конфігурації та їх застосування» (14–15 жовтня 2011 р., м. Кіровоград). – Кіровоград: КНТУ, 2011. – С. 29–37.

66. Сергиенко И. В. Решение условной задачи оптимизации дробно-линейной целевой функции на множестве размещений методом ветвей и границ / И. В. Сергиенко, О. А. Емец, О. А. Черненко // Кибернетика и системный анализ. – 2012. – № 6. – С. 30–35.

67. Sergienko I. V. Solving the conditional optimization problem for a fractional linear objective function on a set of arrangements by the branch and bound method / I. V. Sergienko O. A. Iemets, O. A. Chernenko // Cybernetics and Systems Analysis. – 2012. – V. 48, № 6. – P. 832–836.

2013

68. Емец О. А. Решение линейных условных полностью комбинаторных оптимизационных задач на перестановках методом ветвей и границ / О. А. Емец, Е. М. Емец, Т. А. Парфенова, Т. В. Чиликина // Кибернетика и сист. анализ. – 2013. – № 2. – С. 121–138.

69. Iemets O. O. Solving Linear Conditional Completely Combinatorial Optimization Problems on Permutations by the Branch and Bound Method / O. O. Iemets, Ye. M. Yemets, T. A. Parfonova, T. V. Chilikina // Cybernetics and Systems Analysis. – 2013. – Vol. 49, № 2 – P. 264–278. – Access mode: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10559-013-9508-1#page-1>.

70. Емец О. А. Метод ветвей и границ для задач оптимизации на нечетких множествах / О. А. Емец, А. О. Емец, Т. А. Парфенова // Проблемы управления и информатики. – 2013. – № 2. – С. 55–60.

71. Iemets Oleg A. Branch and Bound Method for Optimization Problems on Fuzzy Sets / Oleg A. Iemets, Alexandra O. Yemets, Tatyana A. Parfonova // Journal of Automation and Information Sciences. – 2013. – V. 45. I. 4, P. 23–29. – Access mode: <http://www.dl.begellhouse.com/ru/journals/2b6239406278e43e,00f055a40d948541,0837bd820ff591c3.html>.

72. Сергиенко И. В. Задачи оптимизации с интервальной неопределенностью: метод ветвей и границ / И. В. Сергиенко,

О. А. Емец, А. О. Емец // Кибернетика и системный анализ. – 2013. – № 5. – С. 38–50.

73. Sergienko I. V. Optimization Problems with Interval Uncertainty: Branch and Bound Method / I. V. Sergienko, Ol. O. Iemets, Ol. O. Yemets' // Cybernetics and Systems Analysis. – V. 49, I.5. – P. 673–683. – <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10559-013-9554-8#page-1>.

74. Ємець О. О. Комбінаторна задача знаходження максимального потоку та метод гілок та меж для її розв'язування / О. О. Ємець, Є. М. Ємець, Ю. Ф. Олексійчук // Вісник Запорізького національного університету. Фіз.-матем. науки. – 2012. – №1. – С. 91–98.

75. Емец О. А. Оптимизация на размещениях с единичной суммой / О. А. Емец, А. О. Емец // Дискретная оптимизация и исследование операций» (Doog-2013) : Материалы Международной конференции (г. Новосибирск, 24–28 июня 2013 г.). – Новосибирск : Изд-во Ин-та математики, 2013. – С. 67.

76. Ємець О. О. Оцінювання в методі гілок та меж при оптимізації на евклідовій множині сполучень / О. О. Ємець, Т. О. Парфьонова // Інформатика та системні науки (ІСН-2013): Матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Полтава, 21–33 березня 2013 р.). – Полтава : ПУЕТ, 2013. – С. 106–111. – Режим доступу:

<http://dspace.puet.edu.ua/handle/123456789/1617>.

77. Ємець О. О. Метод гілок та меж для задачі оптимізації на перестановках з сепарабельною цільовою функцією та лінійними обмеженнями / О. О. Ємець, Т. О. Парфьонова // Комбінаторна оптимізація та нечіткі множини (КОНеМ-2013) : Матеріали III Всеукраїнського наукового семінару (м. Полтава, 30–31 серпня 2013 р.). – Полтава : ПУЕТ, 2013. – С. 40–42.

2014

78. Емец О. А. Решение дискретных задач оптимизации с дробно-линейной целевой функцией методом ветвей и границ / О. А. Емец, О. А. Черненко // Проблемы управления и информатики. – 2013. – № 5. – С. 64–69.

79. Iemets Oleg A. Solving of Discrete Problems of Optimization with Linear-Fractional Objective Function by Branch and Bound Methods / Oleg A. Iemets, Oksana A. Chernenko // Journal of Automation and Information Sciences. – 2013. – V. 45. I. 9, P. 77–83. – Режим доступу:

<http://www.dl.begellhouse.com/ru/journals/2b6239406278e43e,43b16f570d62d0cb,77fec734621ad1e0.html>.

80. Емец О. А. О методе ветвей и границ в задачах оптимизации с интервальной неопределенностью / О. А. Емец, А. О. Емец // Тезисы докладов XVI Байкальской международной школы-семинара «Методы оптимизации и их приложения» (о. Ольхон, Байкал, 30 июня – 6 июля 2014 г.). – Иркутск : ИСЭМ СО РАН, 2014. – С. 51.

81. Ємець О. О. Нелінійна модель задачі комівояжера: метод гілок та меж / О. О. Ємець, Т. В. Чілікіна // Інформатика та системні науки (ІСН-2014) : матеріали V Всеукр. наук.-практ. конф. (м. Полтава, 13–15 березня 2014 р.) / за ред. О. О. Ємця. – Полтава : ПУЕТ, 2014. – С. 118–122.

2015

82. Ємець О. О. Задача комівояжера: нелінійна модель на переставленнях та метод гілок та меж / О. О. Ємець, Т. В. Чілікіна // Вісник Черкаського університету. Серія Прикладна математика. Інформатика. – 2015. – № 18 (351). – С. 19–27.

83. Чілікіна Т. В. Метод гілок та меж для задач нелінійної умовної оптимізації на переставленнях / Т. В. Чілікіна, О. О. Ємець, Є. М. Ємець, Т. О. Парфьонова // Вісник Запорізького національного університету. Фіз.-матем. науки. – 2015. – № 3. – С. 285–295.

УДК 378.091.33

ВИКОРИСТАННЯ ОНЛАЙН-СЕРВІСУ JSFIDDLE.NET ДЛЯ ВЕБ-РОЗРОБОК

В. М. Жукова, к. п. н., доцент

Луганський національний університет імені Тараса Шевченка,
м. Старобільськ
v.zhukova.lnu@gmail.com

В статті розглядається використання онлайн-сервісу jsFiddle.net для веб-розробок у професійній підготовці інженерів та їх майбутній діяльності, його основні функціональні можливості.

Zhukova V. M. The use of online services jsFiddle.net for web development. In the article are discussed the use of online services

jsFiddle.net for web development in the training of engineers and their future activities, its basic functionality.

Ключові слова: ОНЛАЙН-СЕРВІС JSFIDDLE.NET, ФУНКЦІОНАЛЬНІ МОЖЛИВОСТІ, ПРОФЕСІЙНА ПІДГОТОВКА.

Keywords: ONLINE SERVICES JSFIDDLE.NET, FUNCTIONALITY, PROFESSIONAL TRAINING.

Мета дослідження: окреслити можливості онлайн-сервісу jsFiddle.net для роботи з JavaScript/HTML/CSS/SCSS, визначити основні принципи його роботи, виявити його переваги для професійної підготовки інженерів.

Сервіс jsFiddle – проект британського програміста Piotr Zalewa aka @zalun. По-суті, це загальнодоступне безкоштовне онлайн-середовище для web-програмістів.

Робоча область jsFiddle поділена на чотири частини, розміри яких можна змінювати. Як і у всіх додатках такого типу, окремо пишеться HTML код, окремо JavaScript, окремо CSS. Результат отримується в iframe, є підсвічування синтаксису [1].

Що стосується власне можливостей, що відрізняють jsFiddle від аналогів. По-перше, це можливість вибору JavaScript бібліотек, які підключаються. Вважаємо цю функцію найбільш цікавою. Розробники вбудували всі поширені бібліотеки, самих різних версій. У списку є Mootools, jQuery, Prototype, YUI, Glow, Dojo, Raphael та ін. По-друге, можна вибирати версію бібліотеки, а також спосіб підключення: бібліотека може бути описана у секції head або body, завантажена за подією onLoad або onDomReady. Останні два цікаві лише для серйозних розробок, для повсякденних задач у підготовці інженерів до веб-програмування цілком вистачить перших двох. Також є поле для атрибутів бібліотеки та декілька налаштувань.

У сервісі jsFiddle.net існує можливість підключити свій фреймворк, якого немає в списку або вашу власну розробку. Це дуже якісний функціонал. Фреймворк може бути як JavaScript, так і CSS, що досить зручно. Звичайно, підключити свій JS файл можна, як за допомогою редагування html, так і за допомогою спеціального поля. Є робота з meta тегами. Існує можливість вибору html стандарту, зокрема html5, а також у jsFiddle є спеціальні Арі для тестування Ajax запитів. Насправді, це теж дуже корисно, тому що Ajax не кроссдоменний, а тестувати його якось треба.

Крім підключення стандартних і власних бібліотек, у сервісі jsFiddle існує можливість спільної роботи, а також тестування для мобільних пристроїв.

Мобільне налагодження – ще одна дуже корисна функція, яка дозволяє побачити, як буде виглядати той чи інший код в мобільному браузері. Сервіс пропонує відкрити сторінку з мобільного пристрою для контролю змін, а налагодження відбуватиметься в звичних вікнах. Дуже зручно для тих, хто планує або вже займається мобільною розробкою [2].

Крім усього вищесказаного, сервіс вміє не тільки публікувати посилання на ваш код в популярні сервіси Twitter і Facebook, але і надає можливість коментування коду користувачами. Всі ці бонуси тільки для зареєстрованих користувачів, але реєстрація безкоштовна, тому це не проблема.

Також зручно використовувати jsFiddle для консультацій, коли самостійно не вдається знайти помилку в коді або вирішити поставлену задачу. Зберігаючи код в jsFiddle, можна розмістити питання разом з посиланням на код на форумі або запитати у колег по Інтернету. Спеціаліст, що розбирається в даній проблемі, зможе внести відповідні правки в код, зберегти зміни і відправити посилання на робочий варіант.

Приклади роботи з jsFiddle є в самому сервісі jsFiddle.net. Причому їх багато і вони досить повчальні.

Таким чином, jsFiddle.net має достатньо простий і зрозумілий інтерфейс, тому, враховуючи його можливості, це практично ідеальне онлайн-середовище не тільки для веб-розробки і тестування, а й для викладання в мережу будь-яких прикладів коду для ілюстрації статей. Тобто сервіс дозволяє ділитися напрацюваннями з іншими, створювати відгалуження коду для дописування свого функціоналу до вже існуючих модулів.

В доповіді розглядається використання онлайн-сервісу jsFiddle.net для веб-розробок для підвищення якості професійної підготовки інженерів, його основні функціональні можливості.

Список використаних джерел

1. jsFiddle 0.5a2 documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://doc.jsfiddle.net/tutorial.html>. – Назва з екрана.
2. JsFiddle.net – «песочница» для веб-разработки [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://gering111.com/jsfiddlenet-pesochnitsa-dlya-veb-razrabotki/>. – Назва з екрана.

**СТВОРЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ТРЕНАЖЕРУ ЗА ТЕМОЮ «НАБЛИЖЕНІ МЕТОДИ
РОЗВ'ЯЗУВАННЯ СЛАР» З ДИСЦИПЛІНИ
«ОБЧИСЛЮВАЛЬНІ МЕТОДИ»**

А. В. Задорожній, студент І-42і

Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі»

honros@mail.ru

В статті розглянута логічна структура тренажера за темою «Наближені методи розв'язування СЛАР»

Zadorognij A. V. Creating the software of the simulator for the theme “Approximate methods for solving LAES” for the subject “Computing techniques”. In the article the logical structure of the simulator on “Approximate methods for solving LAES” is considered.

Ключові слова: СИСТЕМИ ЛІНІЙНИХ РІВНЯНЬ, АЛГОРИТМ, ТРЕНАЖЕР.

Keywords: SYSTEM OF LINEAR EQUATIONS, ALGORITHM, SIMULATOR.

При виконанні кваліфікаційної роботи розробляється алгоритм та програмний продукт, що реалізує навчання наближеним методам розв'язування систем лінійних алгебраїчних рівнянь. Програмний продукт – це тренажер для закріплення умінь та навичок для студентів, які вивчають дисципліну «Обчислювальні методи».

Завдання, яке ставиться в роботі, вимагає чіткого визначення, які наближені методи розглядаються та алгоритмічних мов їх реалізації. В рамках даної теми для реалізації тренажера обрано наближений метод ітерацій. Важливим фактором при програмній реалізації є вибір мови програмування. В рамках виконання роботи виявляється доцільним вибрати мову Java, оскільки найбільший досвід програмування наявний саме з цієї мови.

Необхідною умовою є інтеграція тренажера з системи дистанційного навчання Moodle [1], а також – розробка дизайну та інтерфейсу тренажера. Тренажер повинен містити як інформаційний матеріал, так і виконувати основну функцію – тренінг. Необхідно передбачити також якісне сприйняття матеріалу, а також продумати зручну навігацію тренажера.

При проектування та розробці тренажера необхідно врахувати:

- інтеграції програмного продукту з платформою дистанційного навчання Moodle [1];
- розробити зрозумілий і зручний інтерфейс для користувача;
- передбачити наявність методичних рекомендацій для користувача [2].

Тренажер реалізує наступні завдання:

- автоматизована перевірка та виведення на екран повідомлення про помилку;
- містить не лише можливість вибору варіанта із запропонованого, а і інші елементи комунікації;
- містити додатковий теоретичний матеріал з даної теми.

Тренажеру з теми «Наближені методи розв’язування СЛАР» з дисципліни «Обчислювальні методи» обрано мову програмування Java [3].

У рамках виконання кваліфікаційної роботи розроблено логічну структуру інтерфейсу типових сторінок тренажера (рис. 1–4).

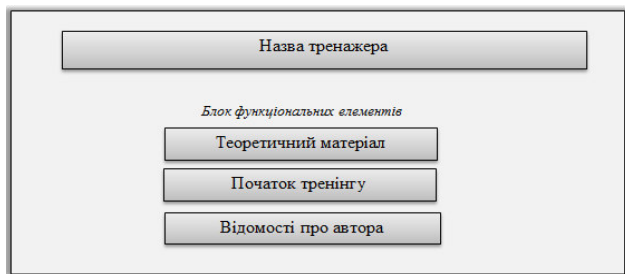


Рисунок 1 – Логічна структура титульної сторінки тренажера

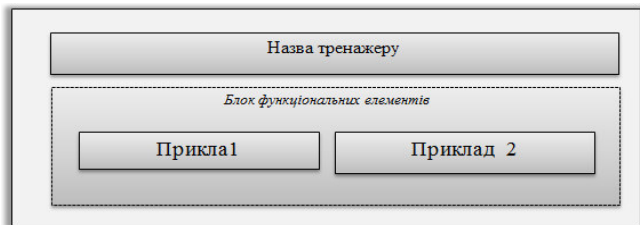


Рисунок 2 – Логічна структура сторінки вибору задачі

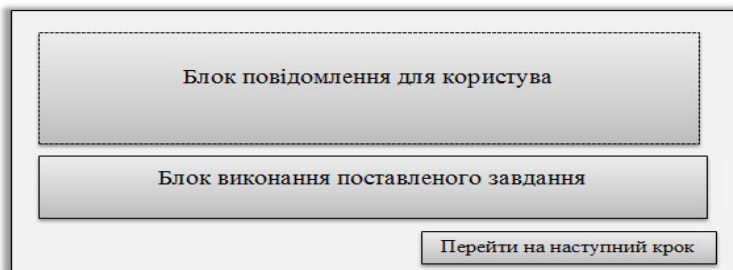


Рисунок 3 – Логічна структура інтерфейсу сторінки тренінгу

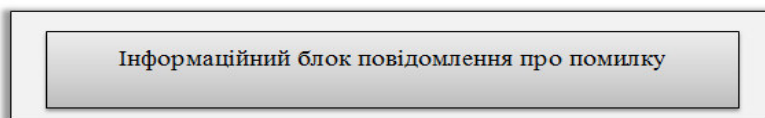


Рисунок 4 – Логічна структура інтерфейсу блоку повідомлення про помилку

Для програмної реалізації поставленої задачі важливим етапом є розробка алгоритму тренажера – покрокового виконання дій користувачем. Алгоритм тренажера з теми «Наближені методи розв’язування СЛАР» з дисципліни «Обчислювальні методи» містить послідовність кроків виконання яких поетапно розв’язує поставлену задачу.

Список використаних джерел

1. Триус Ю. В. Система електронного навчання ВНЗ на базі МОСЮПЕ : метод. посіб. / Ю. В. Триус, І. В. Герасименко, В. М. Франчук ; за ред. Ю. В. Триуса. – Черкаси. – 2012. – 220 с.
2. Бахвалов Н. С. Численные методы в задачах и упражнениях / Н. С. Бахвалов, А. В. Лапин, Е. В. Чижонков. – Москва : Высшая школа, 2000. – 190 с.
3. Нотон П. JAVA: Справ. руководство : пер. с англ. / П. Нотон, А. Тихонова. – Москва : БИНОМ: Восточ. Кн. Компания, 2005. – 447 с.

МЕТОД СИНТЕЗА РОБАСТНЫХ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ

А. В. Заярный, С. В. Черныш, О. А. Гайденко

Национальный аэрокосмический университет имени Н. Е. Жуковского «ХАИ», Украина
alexey.zrn.khai@gmail.com

В работе рассматривается метод робастного оценивания параметров нейросетевых моделей.

Zaiarniy A. V., Chernysh S. V., Gaidenko O. A. Method of synthesis of robust neural network model systems and processes. The paper deals with the robust method of estimating the parameters of neural network models.

Ключевые слова: МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ИСКУССТВЕННЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ, СТОХАСТИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ.

Keywords: MATHEMATICAL MODELING, ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS, STOCHASTIC OPTIMIZATION.

Рассматривается задача аппроксимации векторной функции векторной переменной с целью построения робастной формальной математической модели системы или процесса в форме обучаемой искусственной нейронной сети (ИНС) [1, 2]. Входными данными для аппроксимации данных с помощью ИНС являются: входные параметры и управляющие переменные опытных образцов $\{Y_{ph}^{(0)}\}$; выходные параметры $\{d_{pi}\}$.

Простейшая ИНС с одним скрытым слоем ($K=1$) изображена на рисунке. Здесь $\{Y_{ph}^{(0)}\}$ – множество входных данных, $\{Y_i^{(k)}\}$ – множество выходных данных k -го слоя; k – номер слоя, $k=1 \dots (K+1)$, K – число скрытых слоев; $p=1 \dots P$, P – число аналогов; $\{w_{ij}^{(k)}\}$ – множество параметров k -го слоя; i – элемент k -го слоя; j – элемент $(k-1)$ -ого слоя.

Введены следующие обозначения: H_0 – количество входов сети; H_1 – количество нейронов скрытого слоя; H_2 – количество выходов сети.

В качестве скалярной свертки функций выбора при поиске решения задачи аппроксимации с помощью ИНС использовалась функция вида [1]:

$$E = \frac{1}{2PI} \sum_{p=1}^P \gamma^{P-p} \sum_{i=1}^I \left\{ f_{fit} \left[4 \left(\frac{A_{ji,p}}{f_{pi}^*} \right)^2 (1 + \sigma_{f_i,p}^2)^{-2} \right] + \beta \cdot f_{fit} \left[\left(\sigma_{f_i,p}^2 \right)^2 - 1 \right] \right\}, \quad (1)$$

где $\Delta_{f_i} = Y_i^{(K+1)}(\vec{Y}^{(0)}) - f_i^*(\vec{Y}^{(0)})$,

$\sigma_{f_i}^2 = \left\{ \frac{\sigma_{f_i}}{\sigma_{f_i}^*} \right\}$, $\sigma_{f_i}, \sigma_{f_i}^*$ – средние квадратические отклонения

(индекс * – желаемые значения);

$f_{fit}(d) = 1 - \exp(-C \cdot d)$, $C > 0$, d – аргумент функции приспособленности ($d > 0$);

γ, β – параметры регуляризации.

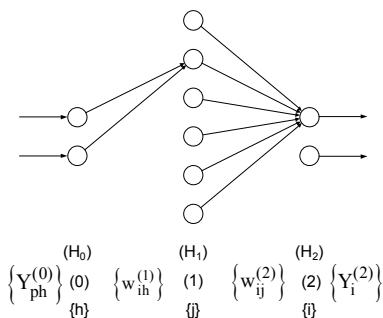


Рисунок – Структура ИНС

Решение – параметры аппроксимирующих функций вида $Y_i^{(K+1)}(\vec{Y}^{(0)})$ – находилось методом стохастической аппроксимации на основе овражного метода сопряженных градиентов [2]:

$$w_{ij}^{(k)}(t+1) = w_{ij}^{(k)}(t) + \mu(t) \left\{ \eta_{ij}^{(k)}(t) r_{ij}^{(k)}(t) + \right.$$

$$+\nu(t)\alpha_{ij}^{(k)}(t)\left[w_{ij}^{(k)}(t)-w_{ij}^{(k)}(t-1)\right]\}+\tilde{w}_{ij}^{(k)}(t+1), \quad (2)$$

где $\mu, \eta_{ij}, \nu, \alpha_{ij}$ – коэффициенты обучения;

$$r_{ij}^{(k)}(t) = S_{ij}^{(k)}(t) + \frac{\left(S_i^{(k)}(t)\right)^T \left(S_i^{(k)}(t) - S_i^{(k)}(t-1)\right)}{\left|\left(r_i^{(k)}(t-1)\right)^T S_i^{(k)}(t-1)\right|} r_{ij}^{(k)}(t-1) -$$

проекция вектора сопряженного направления поиска; проекция градиента свертки функций выбора – $S_{ij}^{(k)}(t) = -\frac{\partial E}{\partial w_{ij}^{(k)}}$; $\tilde{w}_{ij}^{(k)}$ – «аддитивный шум».

Применение предлагаемых разработок позволяет получать стабильные (робастные) оценки параметров нейросетевых моделей в условиях неопределенности входных данных, что обеспечивает синтез робастных метамоделей.

Список использованных источников

1. Chernysh S. V. A method synthesis of selection function scalar convolutions for the multi-objective decision-making problems / S. V. Chernysh, Ie. S. Meniaïlov, K. M. Ugryumova, M. L. Ugryumov // Bulletin of V. Karazin Kharkiv National University. – 2015. – Series «Mathematical Modelling. Information Technology. Automated Control Systems», Issue 27. – P. 172–180.
2. Системное совершенствование элементов сложных технических систем на основе концепции обратных задач: монография / В. Е. Стрелец, А. А. Трончук, Е. М. Угрюмова и др.; под общ. ред. М. Л. Угрюмова. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2013. – 148 с.

УДК 004.658.3

ОПТИМІЗАЦІЯ МЕТОДУ ДОСТУПУ ДО ДАНИХ У РОЗПОДІЛЕНИХ СХОВИЩАХ

Б. В. Іваніщев, аспірант

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
callidus.iv@gmail.com

В статті розглядається оптимізація методу доступу до даних у розподілених сховищах за часом доступу. Пропонується новий алгоритм розміщення даних.

Ivanishchev B. V. Optimization of data access method for distributed storages. In the article are discussed optimization of data access method in distributed storages. A new algorithm of the solution of problem of data placement is proposed.

Ключові слова: ОПТИМІЗАЦІЯ, ЗАДАЧА РОЗМІЩЕННЯ, РОЗПОДІЛЕНІ СХОВИЩА ДАНИХ.

Keywords: OPTIMIZATION, PLACEMENT PROBLEM, DISTRIBUTED DATA STORAGEES.

У цій роботі пропонується оптимізація методу доступу до даних у розподілених сховищах за часом доступу. Під часом доступу розуміється час, який пройшов від моменту, коли користувач подав запит на отримання даних, до моменту, коли він ці данні отримав.

Запропонований спосіб заснований на новому алгоритмі розміщення даних по вузлах зберігання під час проведення процедури балансування даних. Цей алгоритм дозволяє розмістити дані фізично якомога ближче до користувачів, які найчастіше їх використовують. Це дозволяє зменшити час доступу до даних зацікавлених у них користувачів.

Розподілене сховище даних може бути описане графом G , який включає множину пристроїв зберігання та множину зв'язків між ними

$$\begin{aligned} G &= (V, E, P), \\ E &\subseteq V \times V, \\ P &: E \rightarrow N, \end{aligned} \tag{1}$$

$$\forall v, \omega \in V \Rightarrow P(v, \omega) = 0, \text{ якщо } (v, \omega) \notin E,$$

$$\forall v, \omega \in V \Rightarrow P(v, \omega) = P(\omega, v),$$

де V – множина пристроїв зберігання даних;

E – множина зв'язків між пристроями зберігання даних;

P – вагова функція графу (час необхідний на переміщення об'єкту одиничного розміру за допомогою зв'язку або швидкість передачі даних за допомогою цього зв'язку).

У статті [1] описаний існуючий алгоритм балансування навантаження для розподіленої обчислювальної системи. Згідно

нього задача пошуку збалансованого розміщення даних полягає в пошуку збалансованого потоку, який знаходиться розв'язанням наступної задачі лінійного програмування

$$\begin{aligned} c_i + \sum_{(j,i) \in E} x_{ji} - \sum_{(i,j) \in E} x_{ij} &\leq w, i \in V, \\ x_{ij} &\geq 0, (i,j) \in E, \\ \sum_{(j,i) \in E} x_{ji} &\rightarrow \min, \end{aligned} \quad (2)$$

де c_i – завантаженість i вузла зберігання даних;

w – середня завантаженість пристроїв зберігання;

x_{ij} – деякій об'єм даних, які треба перемістити з i пристрою зберігання на j пристрій зберігання.

Оптимізований алгоритм враховує час передачі даних від пристрою зберігання, до вузлів, з яких відбувається доступ зацікавлених користувачів. Для цього для кожного елементу даних з множини даних в сховищі O задано множину пристроїв зберігання, з яких відбувався доступ до цього елементу, I_o , $o \in O, I_o \subseteq V$.

Далі для кожної пари елемент даних – пристрій зберігання $(o, v), o \in O, v \in V$ можна визначити показник ефективності розміщення елементу даних o на пристрої зберігання v за формулою

$$a_{ov} = d_o \cdot \frac{1}{|I_o|} \cdot \sum_{j \in I_o} p_{vj}, p_{vj} \in P, (v, j) \in E, \quad (3)$$

де d_o – розмір елементу даних,

p_{vj} – час необхідний на переміщення об'єкту одиничного розміру між пристроями зберігання v та j .

Цей показник визначає середній час передачі об'єкту від пристрою, на якому він зберігається, до пристроїв, з яких відбувався та потенційно може відбутися доступ до цього об'єкту.

За основу алгоритму, що розробляється, візьмемо існуючий алгоритм розміщення. Нехай $x_{ov} = 1$, якщо елемент даних o розміщений на пристрої зберігання v , та $x_{ov} = 0$, якщо не розміщений. Тоді задача пошуку збалансованого розміщення полягає

в пошуку усіх величин $x_{ov}, o \in O, v \in V$, які знаходяться як розв'язок наступної задачі лінійного програмування

$$\sum_{o \in O, v \in V} d_o \cdot x_{ov} \leq w, \\ f(o, v) = \sum_{o \in O, v \in V} a_{ov} \cdot x_{ov} \rightarrow \min, \quad (4)$$

У цій роботі був запропонований новий алгоритм розв'язання задачі розміщення даних, який ураховує час передачі даних від вузла, на якому вони зберігаються, до вузлів, з яких відбувається доступ до них. Використання цього алгоритму дозволяє оптимізувати доступ до даних у розподілених сховищах за часом доступу.

Список використаних джерел

1. Афраймович Л. Г. Навчально-методичний посібник з курсу «Моделі і методи ефективного використання розподілених обчислювальних систем» при вивченні теми «Завдання статичного балансування»: навч.-метод. посіб. / Афраймович Л. Г. – Ніжній Новгород, 2012. – 13 с.
2. Привалов А. Н. Розробка балансувальника навантаження в гібридних мережах / А. Н. Привалов, А. К. Клепиков // Известія Тульського державного університету. – 2014. – № 9–2. – С. 99–107.

УДК 519.1

ПОБУДОВА МОДЕЛІ АФІЛІЙОВАНOSTІ

Т. С. Калініченко, аспірант факультету математики та інформаційних технологій
Донецький національний університет імені Василя Стуса
t.kalinichenko@donnu.edu.ua

У статті описано математичну модель у вигляді графу структури даних та передумови її виникнення, а також етапи побудови та приклади практичного застосування.

Kalinichenko T. S. Building a model of affiliation. The article describes a mathematical model as a graph data structure and preconditions for its emergence, and stages of construction and practical examples.

Ключові слова: МОДЕЛЬ АФІЛІЙОВАНOSTІ, ГРАФ СТРУКТУРИ ДАНИХ, ІЄРАРХІЧНА СТРУКТУРА.

Keywords: A MODEL OF AFFILIATION, GRAPH DATA STRUCTURE, HIERARCHICAL STRUCTURE.

Означення 1: поняття «афілійований» походить від англійського «affiliate» – «приєднувати», «встановлювати зв'язок», відповідно «affiliation» – зв'язок, з'єднання. Часто для розуміння значення афілійованості використовуються словосполучення «афілійована особа» або «афілійована фірма».

Означення 2: Математична модель – це наближений опис довільного класу явищ зовнішнього світу, поданий за допомогою математичної символіки. Математичне моделювання виступає як метод пізнання зовнішнього світу, а також прогнозування і управління.

Етапи побудови запропонованої математичної моделі:

1. Передумови: зменшення відсотка економії коштів у сфері державних закупівель, збільшення кількості допорогових (без проведення тендерів) закупівель. Мета: дослідити ступінь афілійованість учасників державних закупівель

2. Побудова математичної моделі за допомогою графу структури даних, де вершинами є дані, отримані з відкритих реєстрів, а ребрами – відношення між даними. Модель є ієрархічною, що передбачає принцип підпорядкованості між елементами даних і характеризується деревоподібною структурою. Переваги: відповідність структури моделі реальній структурі об'єкта дослідження.

3. Вивчення моделі: встановлюватися межі адекватності моделі, області оптимальних значень параметрів, наявність прихованих зв'язків між окремими змінними.

Перспективи моделі: за допомогою даної моделі можна проводити миттєву аналітику на афілійованість всіх учасників державних закупівель. Із збільшення кількості відкритих реєстрів та долученням даних із соціальних мереж кількість інформації для аналітики моделлю також зросте.

Список використаних джерел

1. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень : навч. посіб. / Кветний Р. Н., Богач І. В., Бойко О. Р., Софіна О. Ю., Шушура О. М. ; за заг. ред. Р. Н. Кветного. – Вінниця : ВНТУ, 2012. Ч. 1. – 193 с.
2. Математичні моделі МСС : навч. посіб. / Семенова І. Ю. – Київ : 2014. – 82 с.

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ ФОРМИ ДЖЕРЕЛА РОЗСІЮВАННЯ ДЛЯ ДВОВИМІРНОГО ВИПАДКУ

Л. В. Касперська, аспірант

Фізико-механічний інститут імені Г. В. Карпенка НАН України
expiravit.liudmyla@gmail.com

Б. П. Русин, д. т. н., професор

Фізико-механічний інститут імені Г. В. Карпенка НАН України
rusyn@ipm.lviv.ua

Розглянуто задачу моделювання процесу відновлення форми джерела розсіювання в однорідному середовищі. Вхідними даними цієї задачі є інформація про набір приймачів і виміряне ними розсіяне поле спотворене шумом. Показано, що для її розв'язання необхідно відновити функцію двох змінних по її радоновому образу.

Kasperska L., Rusyn B. We explored the problem of modeling of recovering form process of the scattering source in the uniform environment. The input data of this problem is the information about a set of receivers and the measured scattering field distorted by the noise. We showed solving of this problem needs to recover the function of two variables for its radon image.

Ключові слова: ФІЛЬТРОВАНА ЗВОРОТНЯ ПРОЕКЦІЯ, ПЕРЕТВОРЕННЯ РАДОНА, ДЖЕРЕЛО РОЗСПІВАННЯ.

Keywords: FILTERED BACKPROJECTION, RADON TRANSFORM and SOURCE SCATTERING.

В деякій області $A \in R^2$ знаходиться невідомий об'єкт D , форму якого потрібно відновити. Границю об'єкта D позначемо через $\partial D \in C^2$.

Дано масив з m пасивних приймачів. Джерело сигналу розташоване досить далеко і фронт поширення хвилі є плоским. Після падіння хвилі на перешкоду вона відбивається від поверхні об'єкта та розсіюється.

Задача полягає у тому, щоб за даними з приймачів і за структурою масиву відновити форму перешкоди.

Візьмемо деякий масив з m приймачів, які розташовані лінійно. Зафіксуємо полярну систему координат в центрі області A .

Розташуємо приймачі на прямій l , яка знаходиться на відстані директриси області A . Відстань між приймачами рівна λ .

Розпочинаємо вимірювання при куті $\theta = 0$, тоді дані з приймачів записують в перший стовпчик матриці M . Після чого повернемо масив приймачів на деякий кут і заповнимо наступний стовпчик матриці. Здійснюємо вимірювання до проходження повного кола. Кут, на який ми повертаємо масив приймачів вибираємо довільним чином. Очевидно, що чим менший кут, тим більша кількість вимірювань і тим краща точність кінцевих результатів.

Сформована матриця M визначає рівень відбитого сигналу на приймачах під різними кутами. Якщо матриця не квадратна, то доповнимо її нулями.

У складі відбитого сигналу присутні шуми, які необхідно відфільтрувати. Фільтрація відбувається в частотній області, то необхідно зробити перехід від перетворення Радона до перетворення Фур'є. Цей перехід описується наступним виразом [1]:

$$\begin{aligned} F(\omega \cos \theta, \omega \sin \theta) \\ = \int_{-\infty}^{\infty} e^{-i\omega p} R(p, \theta) dp. \end{aligned} \quad (1)$$

Знаходячись в частотній області можна використати Рам-Лак фільтр, який має наступну амплітудно-частотну характеристику:

$$H(\nu)_{Ram-Lak} = |\nu|, \quad (2)$$

для $|\nu| < \nu_u$, всі інші значення стають нулями.

Для відновлення форми об'єкта необхідно використати оператор зворотного проектування, який має вигляд [2]:

$$\begin{aligned} f(x, y) \\ = \int_0^\pi F(x \cos \theta + y \sin \theta, \theta) d\theta. \end{aligned} \quad (3)$$

У дискретному випадку використовується наступне наближення виразу (3):

$$f(x_m, y_m) \approx \Delta \theta \sum_{t=0}^{T-1} f(x_m \cos \theta_t + y_m \sin \theta_t, \theta_t), \quad (4)$$

де T – кількість кутових зразків;
 $\Delta\theta$ – різниця між кутами двох проекцій;
 (x_m, y_m) – координати проекцій.

На підставі виразу (1–4) в роботі було проведено математичне моделювання в середовищі MatLab, в результаті якого було відтворено форму перешкоди.

Обчислювальна складність зворотного проектування визначається множенням розміру матриці інтенсивності M на число кутових зразків T :

$$O_{backprojecton} = O(M^2T). \quad (5)$$

Таким чином в роботі здійснено математичне моделювання процесу відновлення форми двовимірної перешкоди, на основі методу фільтрованої зворотної проекції з використанням перетворення Радона. Цей метод володіє рядом переваг, оскільки розсіяне поле спотворене шумом не потрібно розділяти на «чисте» чи далеке поле, що дозволяє залишатись в області розв'язку однієї задачі.

Список використаних джерел

1. Radon J. Über die Bestimmung von Functionen durch ihre Integralwerte längs gewisser Mannigfaltigkeiten // Berichte Sächsische Academie der Wissenschaften. – Math. – Phys. Kl. – Leipzig, 1917.
2. Jorge Bernal del Nozal Use of Projection and Back-projection Methods // Computer Vision Center Edifici O, Universitat Aut'onoma de Barcelona, 2009.

УДК 519.6

ТЕСТУВАННЯ КУБАТУРНИХ ФОРМУЛ ОБЧИСЛЕННЯ ІНТЕГРАЛІВ ВІД ШВИДКООСЦИЛЮЮЧИХ ФУНКЦІЙ ДВОХ ЗМІННИХ НА КЛАСІ $H_1^{2,2}(M, \widetilde{M})$

О. О. Кеда, магістр

Бердянський державний педагогічний університет
olegkeda121@gmail.com

Представлені результати тестування кубатурної формули чисельного інтегрування швидкоосцилюючих функцій двох змінних на класі диференційовних функцій, що задані слідами на лініях.

Keda O. O. The test results of numerical integration of two-dimensional highly oscillating functions are given on the class of differentiable functions. Information about functions is a set of lines.

Ключові слова: КУБАТУРНА ФОРМУЛА, ІНТЕГРАЛ ВІД ШВИДКООСЦИЛЮЮЧОЇ ФУНКЦІЇ ДВОХ ЗМІННИХ, ТЕСТУВАННЯ.

Keywords: CUBATURE FORMULA, INTEGRAL FROM HIGHLY OSCILLATING FUNCTION OF GENERAL VIEW.

У задачах цифрової обробки сигналів та зображень використовуються математичні моделі, які містять нові типи задання інформації. Наближено обчислюються інтеграли від швидкоосцилюючих функцій двох змінних як класичними методами, так і у випадку різних інформаційних операторів [1–6]. Однак менше уваги приділено тестуванню вищезазначених кубатурних формул. В доповіді мова іде про тестування в кубатурній формулі обчислення інтегралу від швидкоосцилюючих функцій двох змінних виду

$$I_1^2(m, n) = \int_0^1 \int_0^1 f(x, y) \sin 2\pi m x dx \sin 2\pi n y dy,$$

що побудована на основі використання операторів інтерлінації функцій у випадку, коли інформація про функцію $f(x, y)$ задається її слідами на взаємно перпендикулярних лініях.

Розглянемо $H_1^{2,2}(M, \widetilde{M})$ – клас дійсних функцій, визначених на $G = [0, 1]^2$ і таких, що $|f^{(2,0)}(x, y)| \leq M$, $|f^{(0,2)}(x, y)| \leq M$, $|f^{(2,2)}(x, y)| \leq \widetilde{M}$.

Для обчислення $I_1^2(m, n)$ тестувалася формула

$$\begin{aligned} \Phi_1^2(m, n) = & \sum_{k=0}^{\ell} \int_0^1 h_k(x) \sin 2\pi m x dx \int_0^1 f(x_k, y) \sin 2\pi n y dy + \\ & + \sum_{j=0}^{\ell} \int_0^1 H_{1,j}(y) \sin 2\pi n y dy \int_0^1 f(x, y_j) \sin 2\pi m x dx - \end{aligned}$$

$$-\sum_{k=0}^{\ell} \sum_{j=0}^{\ell} f(x_k, y_j) \int_0^1 h_{1k}(x) \sin 2\pi m x dx \int_0^1 H_{1j}(y) \sin 2\pi n y dy,$$

де $h_{1k}(x), H_{1j}(y)$ – сплайни першого порядку. Для функції

$$f(x, y) = \frac{1}{2}(\cos(2x - 2y) - \cos(2x + 2y)) \quad \text{яка належить класу}$$

$H_1^{2,2}(M, \widetilde{M}), M = 4, \widetilde{M} = 16$ виконується наступне:

$$E_{mn} = |I_1^2(m, n) - \Phi_1^2(m, n)| \leq \frac{\widetilde{M}}{144\ell^4} = \frac{16}{144\ell^4} = \frac{1}{9\ell^4} = \varepsilon.$$

Обчислення проводились в СКМ MathCad 15.

Таблиця 1

m	n	ℓ	E_{mn}	ε
2	3	10	0,000000106424666	0,0000111111111110
2	3	15	0,000000020012211	0,00000219478738
3	4	25	0,000000001257964	0,000000284444444
3	4	30	0,000000000601795	0,000000137174211

Таб. 1. Порівняння $\varepsilon_1, \varepsilon_2, E_{mn}$.

Список використаних джерел

1. Оптимальні алгоритми обчислення інтегралів від швидкоосцилюючих функцій та їх застосування : у 2 т. Т. 1 : Алгоритми : [монографія] / І. В. Сергієнко, В. К. Задірака, О. М. Литвин, С. С. Мельникова, О. П. Нечуйвітер; Ін-т кібернетики ім. В. М. Глушкова НАН України. – Київ : Наук. думка, 2011. – 447 с.
2. Оптимальні алгоритми обчислення інтегралів від швидкоосцилюючих функцій та їх застосування : у 2 т. Т. 2 : Застосування : [монографія] / І. В. Сергієнко, В. К. Задірака, О. М. Литвин, С. С. Мельникова, О. П. Нечуйвітер; Ін-т кібернетики ім. В. М. Глушкова НАН України. – К. : Наук. думка, 2011. – 348 с.
3. Литвин О. М. Кубатурні формули для обчислення коефіцієнтів Фур'є функцій двох змінних з використанням сплайн-інтерлінації / О. М. Литвин, О. П. Нечуйвітер // Доп. НАН України. Математика. Природознавство. Технічні науки. – 1998. – № 1. – С. 23–28.
4. Литвин О. М. Оптимальний за порядком точності метод обчислення 2 D-коефіцієнтів Фур'є за допомогою інтерлінації / О. М. Литвин, О. П. Нечуйвітер // Комп'ютерне моделювання в

наукоємних технологіях : пр. наук.-техн. конф. з міжнародною участю, 18–21 травня 2010 р., Харків. – Х., 2010. – Ч. 2. – С. 211–213.

5. Литвин О. М. Кубатурна формула для обчислення 2 D-коефіцієнтів Фур'є з використанням інтерлінації функцій / О. М. Литвин, О. П. Нечуйвітер // Вісник ХНУ ім. В. Н. Каразіна. Сер. Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління : зб. наук. пр. – Х., 2010. – № 926. – С. 153–160.
6. Литвин О. М. 2 D-коефіцієнти Фур'є на класі диференційовних функцій та сплайн-інтерлінація / О. М. Литвин, О. П. Нечуйвітер // Таврический вестник информатики и математики. – 2011. – № 1. – С. 51–61.

Робота виконана під керівництвом проф. Литвина О. М.

УДК.004.932.4

СЕГМЕНТАЦІЯ ЗОБРАЖЕНЬ ОБ'ЄКТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ МОДЕЛІ МАТЕРНА

Т. І. Керод, інж. І к.

Фізико-механічний інститут імені Г. В. Карпенка НАН України
taras.ki.29@gmail.com

Р. Я. Косаревиц, с. н. с., к. т. н.

Фізико-механічний інститут імені Г. В. Карпенка НАН України
kosarevych@ipm.lviv.ua

Б. П. Русин, д. т. н., професор

Фізико-механічний інститут імені Г. В. Карпенка НАН України
rusyn@ipm.lviv.ua

В статті розглядається метод сегментації зображень об'єктів на основі точкових образів із використанням моделі Матерна для підвищення точності класифікації кластерів.

Kerod T. I., Rusyn B. P., Kosarevych R. Ya. Image segmentation with using Matern model. In the article are discussed about image segmentation method based on point patterns with using Matern model for improving cluster classification.

Ключові слова: ОПТИМІЗАЦІЯ, СЕГМЕНТАЦІЯ ЗОБРАЖЕНЬ, ОБРОБКА ЗОБРАЖЕНЬ.

Keywords: OPTIMIZATION, IMAGE SEGMENTATION, IMAGE PROCESSING.

Сегментація – процес поділу зображення на сегменти (частини), які змінюють представлення зображення для спрощення його аналізу. Найчастіше сегментація зображення використову-

ється для виділення об'єктів на зображенні, а саме його поділу на частини, кожна із яких буде відповідати певному класу згідно до вибраних критеріїв.

Розглянемо метод сегментації зображення який оснований на теорії точкових образів [1]. Суть методу полягає на поділі зображення на однакові за величиною фрагменти із подальшою побудовою гістограми та визначенням її основних домінуючих яскравостей для кожного фрагменту. Після чого кожному фрагменту ставлять у відповідність вектор яскравостей. Такі дії дозволять поставити кожній яскравості зображення відповідний точковий образ [2].

У подальшому виконується перевірка розподілу яскравостей точкового образу на приналежність до кластеру за умови порівняння його із розподілом Матерна, для якого густина ймовірностей батьківських подій приймає значення

$$f(X, Y) = \frac{1}{\pi R^2}, \quad (1)$$

а функція ймовірності потомків

$$P(K = k) = \frac{e^{-\mu} \mu^k}{k!}. \quad (2)$$

Такий підхід дає змогу із більшою точністю оцінити приналежність певних груп яскравостей до кластерів та краще виконати сегментацію зображень, завдяки врахуванню не тільки розподілу потомків але і батьківських груп.

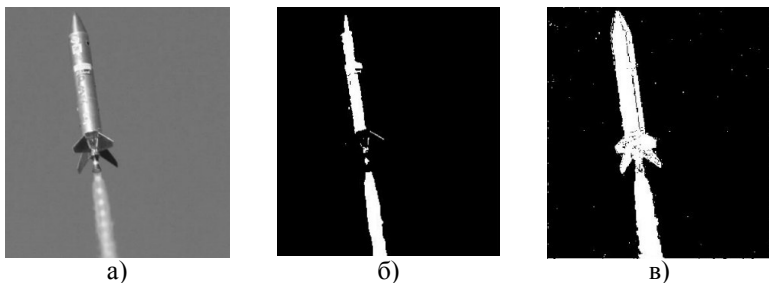


Рисунок 1 – Приклад сегментації зображення: а – вхідне зображення; б – сегментація методом к-середніх; в – сегментація методом із використанням точкових образів основана на порівнянні з моделлю Матерна

Даний підхід показує добрі результати для зображень із об'єктами з доволі сильною відмінністю яскравості від оточуючого фону, так як вона буде усуватися із сегментованого об'єкту. Ще однією з умов, яка повинна виконуватись є те, що площа об'єктів повинна бути більшою за площу фону у кожному окремому фрагменті зображення.

В роботі дається пояснення умов покращення та оптимізації сегментації зображення методом оснований на використанні точкових образів із використанням процесу Матерна, проведено його порівняння із відомими методами, та показано переваги та недоліки застосування для сегментації різних класів зображень.

Список використаних джерел

1. Ripley B. D. Test of 'Randomness' for Spatial Point Patterns / Journal of the Royal Statistical Society. – Vol. 3, 1979. – P. 368–374.
2. Косареви́ч Р. Я. Сегмента́ція зобра́жень із вико́ристання́м ха́ракте-
ристич то́чкових о́бразів / Косареви́ч Р. Я. / Відбі́р і о́бробка
інфо́рмації. – 2012. – № 36 (112). – С. 91–97.
3. Керод Т. І. Порівня́ння завадо́стійко́сті алго́ритмів сегмента́ції
зобра́жень при зашумле́нності ви́хідного зобра́ження / Керод Т. І.,
Косареви́ч Р. Я., Русин Б. П., Корні́й В. В. // Відбі́р і о́бробка
інфо́рмації. – 2015. – № 42 (118). – С. 68–74.
4. Kerod T. I. The comparison Of Segmentation Methods Of Metallo-
graphic Images / Kerod T. I., Rusyn B. P., Kosarevych R. Ya. // Proceedings of the XIIth International Conference TCSET'2014. – Lviv – Slavske, Ukraine. – 2014. – P. 654–656.

УДК 004.424+004.9+004.5

АЛГОРИТМ ТРЕНАЖЕРА З ТЕМИ «СОРТУВАННЯ МЕТОДОМ ПЕРЕМІШУВАННЯ» ДИСТАНЦІЙНОГО КУРСУ «АЛГОРИТМИ ТА СТРУКТУРИ ДАННИХ»

В. В. Кильник, студент І-42і

Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі»
puet12vadim@gmail.com

В доповіді розглянуто алгоритм тренажеру «Сортування методом перемішування»

Kilnik V. V. Algorithm simulator for theme «Sort by stirring» distance courses «Algorithms and data structures». The report of an algorithm simulator «Sort by stirring».

Ключові слова: СОРТУВАННЯ, АЛГОРИТМ, ТРЕНАЖЕР, ПЕРЕМІШУВАННЯ.

Keywords: SORTING, ALGORITHM, SIMULATOR, COCKTAIL SORT.

Дистанційна освіта займає важливе місце в сучасному навчанні студентів. Одним з методів закріплення знань є використання різноманітних тренажерів, які дозволяють навчити, а також перевірити вміння студента з теми.

В рамках програмування тренажера спершу необхідно розробити його алгоритм. Перейдемо до викладення кроків алгоритму.

В алгоритмі треба передбачити наступні функції:

1. Можливість введення даних користувачем, а також генерація даних програмою.

2. Перевірка введених даних програмою.

3. Визначення вірних відповідей.

4. Виділення вірних та помилкових відповідей.

5. Демонстрація прикладу роботи по крокам.

6. Можливість допомоги користувачу підставленням вірно обчислених даних за потребою.

7. Можливість показу теоретичних даних за потребою користувача.

Кроки алгоритму тренажера:

Крок 1. Після завантаження і запуску програми на екрані відображено два головні блоки. Блок з теоретичними відомостями відповідає за відображення інформації, яка доступна в будь-який час роботи тренажеру. Ця інформація має як текстові так і графічні матеріали. Блок з тренажером, який використовується для навчання користувача та перевірки його знань.

Крок 2. Цей і наступні кроки будуть використовувати тільки вікно тренажера. На початку відображено задану кількість порожніх комірок (наприклад 5), які користувач може заповнити за бажанням своїми будь-якими числами. Поряд розміщені кнопки генерації випадкових чисел для комірок з назвою «Генерація початкових даних» і кнопка переходу до наступного кроку, яка має назву «Наступний крок». Якщо натиснута кнопка «Генерація початкових даних», то перехід на крок 3. Якщо натиснута кнопка «Наступний крок», то перехід до кроку 4.

Крок 3. Кожний із комірок генерується випадкове значення. Перехід на крок 2.

Крок 4. Виконується перевірка всіх комірок. Якщо одна і більше комірок є порожньою, то перехід до кроку 2. Якщо комірки заповнені, то блокується кнопка «Генерація початкових даних», на місці комірок відображаються числа, які в них були введені, наприклад: 1, 9, 2, 8, 3, 6. Перехід на наступний крок.

Крок 5. Відображені комірки, заповнені даними з попереднього кроку. Програма виконує наступний крок сортування алгоритму і запам'ятовує отримані дані. Під комірками розміщено надпис: «Розташуйте числа в комірках згідно з поточним кроком алгоритму сортування». Відображені кнопки: «Наступний крок», «Допомога».

Крок 6. Очікування дій користувача. Комірки доступні для редагування. Якщо натиснута кнопка «Наступний крок», то перехід на крок 8. Якщо натиснута кнопка «Допомога», то перехід на крок 7.

Крок 7. Відображення надпису «Порівняйте комірки з номерами, наприклад, 1 і 2, якщо число в комірці 1 більше числа в комірці 2, то виконайте обмін їх значень». Перехід на крок 6.

Крок 8. Перевірка даних комірок. Якщо дані збігаються з тими, що отримані при розрахунку програмою, то перехід на наступний крок. Якщо дані не збігаються, автоматично відбувається виділення комірок з не вірно введеними даними кольором.

Крок 9. Якщо масив чисел відсортовано до кінця, то перехід на крок 10. На місці комірок відображаються числа. Нижче відображається наступний рядок комірок з числами попереднього кроку. Відбувається виконання наступного кроку сортування та запам'ятовування результату. Перехід на крок 6.

Крок 10. Відображення надпису: «Сортування виконано». Відображена кнопка «Повторити».

Крок 11. Якщо натиснута кнопка «Повторити», то тренування починається з початку, виконується відновлення початкового вигляду вікна і перехід до кроку 2.

Список використаних джерел

1. Сортування змішуванням [Електронний ресурс]: Вікіпедія. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Сортування_змішуванням. – Назва з екрана.
2. Современный учебник Javascript [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://learn.javascript.ru/>. – Назва з екрана.

ЭВОЛЮЦИОННО-ФРАГМЕНТАРНАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ЗАДАЧИ О МАКСИМАЛЬНОМ РАЗРЕЗЕ НА ГРАФАХ

И. В. Козин, д. ф.-м. н., профессор;

С. Е. Батовский, аспирант

Запорожский национальный университет

ainc00@gmail.com, user.sergey.b@gmail.com

В статье рассматривается построение фрагментарной модели для задачи о максимальном разрезе на графах с помощью комбинаторных конфигураций и отображений.

Kozin I. V., Batovskiy S. Ye. Evolution- fragmentary model for the problem of maximum section on graphs. This article presents the construction of a fragmentary model for the problem of the maximum section on graphs using combinatorial configurations and functions.

Ключевые слова: ЭВОЛЮЦИОННО-ФРАГМЕНТАРНАЯ МОДЕЛЬ, ЗАДАЧА О МАКСИМАЛЬНОМ РАЗРЕЗЕ, КОМБИНАТОРНЫЕ КОНФИГУРАЦИИ.

Keywords: EVOLUTION-FRAGMENTARY MODEL, PROBLEM OF MAXIMUM SECTION, COMBINATORIAL CONFIGURATION.

Рассмотрим задачу о максимальном разрезе на графах [1, 2]. Если по условию задачи граф является планарным, то решение может быть найдено за полиномиальное время [2], во всех остальных случаях задача относится к классу NP-полных.

Пусть задан непланарный взвешенный граф $G=(V, E)$ в котором каждому ребру поставлено в соответствие неотрицательное число $w(e) \in Z^+$. А также, задано некоторое положительное число K . Необходимо найти такое разбиение множества V на два непересекающихся множества V_1 и V_2 , чтобы сумма весов рёбер, соединяющих в вершины из множеств V_1 и V_2 , была не менее K .

Поскольку не существует точных методов решения таких задач, работающих за полиномиальное время, вполне оправданным является применение существующих классов недетерминированных алгоритмов – метаэвристик [3].

Для построения фрагментарной модели вводится конечный алфавит $\Sigma = \{a_0, a_1, a_2, \dots, a_n\}$, где n – количество вершин графа данной задачи, и понятие допустимого слова. Так, слово, состоящее из символов алфавита Σ , называется допустимым, если оно состоит из $n+1$ различных символов, и символ a_0 не является первым или последним в слове.

Теорема. Существует отображение, которое ставит в соответствие каждому допустимому слову некоторое разбиение множества вершин графа на два непересекающихся множества.

Действительно, если каждому символу a_i , $i = \overline{1, n}$ из алфавита Σ поставить в соответствие вершину графа, то допустимое слово является разбиением множества всех вершин графа на два непересекающихся множества, с помощью символа a_0 . Это позволяет определить отображение из множества перестановок S_{n+1} в множество действительных чисел, если каждой перестановке символов $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$, образующей допустимое слово, поставить в соответствие сумму весов всех рёбер $a_i a_j$, где a_i стоит перед a_0 в перестановке, а a_j – после.

В результате, построенная фрагментарная модель [3] для задачи о максимальном разрезе на графах позволяет применить к ней универсальный эволюционно-фрагментарный алгоритм для получения приближённого решения [4].

Список использованных источников

1. Karp R. M. Reducibility among combinatorial problems / R. M. Karp; in R. E. Miller and J. W. Thatcher (eds.) // Complexity of Computer Computations. – New York : Plenum Press, 1972. – P. 85–103.
2. Гэри М. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи / М. Гэри, Д. Джонсон; пер. А. Фридман. – Москва : Мир. – 1982. – С. 264.
3. Козин И. В. О свойствах фрагментарных структур / И. В. Козин, С. И. Полюга // Вісник Запорізького національного університету. Математичне моделювання і прикладна механіка. – 2012. – № 1. – С. 99–106.
4. Кривцун Е. В. Эволюционно-фрагментарная модель для множественной задачи коммивояжера / Е. В. Кривцун, И. В. Козин, С. Е. Батовский // Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем : зб. наук. пр. – Д. : Ліра, 2015. – С. 114–115.

ТЕСТУВАННЯ КУБАТУРНИХ ФОРМУЛ ОБЧИСЛЕННЯ ІНТЕГРАЛІВ ВІД ШВИДКООСЦИЛЮЮЧИХ ФУНКЦІЙ ДВОХ ЗМІННИХ НА КЛАСІ $H_1^{2,1}(M, \widetilde{M})$

О. Ю. Колєнцева, магістр

Бердянський державний педагогічний університет

a.kolenceva92@gmail.com

Наводяться результати тестування кубатурної формули чисельного інтегрування швидкоосцилюючих функцій двох змінних на класі диференційовних функцій, що задані слідами на лініях.

Kolientseva A. Y. The test results of numerical integration of highly oscillating functions of two variables are given on the class of differentiable functions. Information about functions is a set of lines.

Ключові слова: КУБАТУРНА ФОРМУЛА, ІНТЕГРАЛ ВІД ШВИДКООСЦИЛЮЮЧОЇ ФУНКЦІЇ ДВОХ ЗМІННИХ, ТЕСТУВАННЯ.

Keywords: CUBATURE FORMULA, INTEGRAL FROM HIGHLY OSCILLATING FUNCTION OF GENERAL VIEW.

Сучасний етап розвитку цифрової обробки сигналів та зображень характеризується математичними моделями, які містять нові типи задання інформації. Задача наближеного обчислення інтегралів від швидкоосцилюючих функцій двох змінних має як класичне розв'язання, так і у випадку різних інформаційних операторів [1–3]. Однак менше уваги приділено тестуванню вищезазначених кубатурних формул. Предметом тестування в даній доповіді є кубатурна формула обчислення інтегралу від швидкоосцилюючих функцій двох змінних виду

$$I_1^2(m, n) = \int_0^1 \int_0^1 f(x, y) \sin 2\pi m x dx \sin 2\pi n y dy,$$

що побудована на основі використання операторів інтерлінації функцій у випадку, коли інформація про функцію $f(x, y)$ задається її слідами на взаємно перпендикулярних лініях.

Розглянемо $H_1^{2,1}(M, \widetilde{M})$ – клас дійсних функцій, визначених на $G=[0,1]^2$ і таких, що $|f^{(1,0)}(x,y)| \leq M$, $|f^{(0,1)}(x,y)| \leq M$, $|f^{(1,1)}(x,y)| \leq \widetilde{M}$.

Для обчислення $I_1^2(m,n)$ тестувалася формула

$$\begin{aligned} \Phi_1^2(m,n) = & \sum_{k=0}^{\ell} \int_0^1 h_k(x) \sin 2\pi m x dx \int_0^1 f(x_k, y) \sin 2\pi n y dy + \\ & + \sum_{j=0}^{\ell} \int_0^1 H_{1j}(y) \sin 2\pi n y dy \int_0^1 f(x, y_j) \sin 2\pi m x dx - \\ & - \sum_{k=0}^{\ell} \sum_{j=0}^{\ell} f(x_k, y_j) \int_0^1 h_k(x) \sin 2\pi m x dx \int_0^1 H_{1j}(y) \sin 2\pi n y dy, \end{aligned}$$

де $h_k(x), H_{1j}(y)$ – сплайни першого порядку та квадратурні формули

$$\begin{aligned} \Phi S1s(m) &= \sum_{k=0}^{\ell} g(x_k) \int_0^1 h_k(x) \sin 2\pi m x dx, \\ \Phi S2s(n) &= \sum_{j=1}^{\ell} h(y_j) \int_0^1 H_{1j}(y) \sin 2\pi n y dy \end{aligned}$$

наближеного обчислення інтегралів функцій однієї змінної

$$I1s(m) = \int_0^1 g(x) \sin 2\pi m x dx, \quad I2s(n) = \int_0^1 h(y) \sin 2\pi n y dy.$$

Для функції $f(x,y) = \frac{1}{2}(\cos(2x-2y) - \cos(2x+2y))$ справедливі наступні чисельні результати обчислення $I_1^2(2,3) = 0.00362210009505$, $I_1^2(5,6) = 0.000702940674424$ за

кубатурою формулою $\Phi_1^2(m, n)$. Обчислення проводились в СКМ MathCad 15.

Таблиця 1

m	n	ℓ	$Es_m = I1s(m) - \Phi S1s(m) $	$Es_n = I2s(n) - \Phi 2s(n) $
2	3	5	0.001108375445972	0.000892439171828
2	3	10	0.000253777815058	0.000172895620997
5	6	20	0.000025265764196	0.000021453058649

Таб. 1. Похибки Es_m , Es_n .

Таблиця 2

m	n	ℓ	$Es_m \cdot Es_n$	$Es_{mn} = I_1^2 - \Phi_1^2 $
2	3	5	0.000000989157665	0.000000989157665
2	3	10	0.000000043877073	0.000000043877073
5	6	20	0.000000000542028	0.000000000542028

Таб. 2. Порівняння добутку похибок Es_m , Es_n з Es_{mn} .

Список використаних джерел

1. Оптимальні алгоритми обчислення інтегралів від швидкоосцилюючих функцій та їх застосування: у 2 т. Т.1: Алгоритми: [монографія] / І. В. Сергієнко, В. К. Задірака, О. М. Литвин, С. С. Мельникова, О. П. Нечуйвітер; Ін-т кібернетики ім. В. М. Глушкова НАН України. – Київ: Наук. думка, 2011. – 447 с.
2. Литвин О. М. Кубатурні формули для обчислення коефіцієнтів Фур'є функцій двох змінних з використанням сплайн-інтерлінації / О. М. Литвин, О. П. Нечуйвітер // Доп. НАН України. Математика. Природознавство. Технічні науки. – 1998. – № 1. – С. 23–28.
3. Литвин О. М. Про одну кубатурну формулу для обчислення 2 D-коефіцієнтів Фур'є з використанням інтерлінації функцій / О. М. Литвин, О. П. Нечуйвітер // Доп. НАН України. Математика. Природознавство. Технічні науки. – 2010. – № 3. – С. 24–29.

Робота виконана під керівництвом проф. Литвина О. М.

РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ВЕКТОРНИХ ЕКСТРЕМАЛЬНИХ КОМБІНАТОРНИХ ЗАДАЧ З ДРОБОВО-ЛІНІЙНИМИ ФУНКЦІЯМИ ЦІЛІ НА КОНФІГУРАЦІЇ ПЕРЕСТАНОВОК

Л. М. Колєчкіна, д. ф.-м. н., професор;

О. А. Двірна

Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі»

ludapl@ukr.net, lenadvirna@gmail.com

Представлено підхід до розв'язування векторних екстремальних комбінаторних задач з дробово-лінійними функціями цілі на комбінаторній конфігурації перестановок без лінеаризації.

Koliechkina L. M., Dvirna O. A. A solving of vector extremum combinatorial problems with fractional-linear target functions on configuration of permutations. The approach to solving of extremum combinatorial problems with vector fractional-linear target function on configuration of permutations without linearization is proposed.

Keywords: EXTREMUM COMBINATORIAL PROBLEMS, FRACTIONAL-LINEAR TARGET FUNCTIONS, MULTICRITERIALITY CONDITION.

Ключові слова: ЕКСТРЕМАЛЬНІ КОМБІНАТОРНІ ЗАДАЧІ, ДРОБОВО-ЛІНІЙНІ ФУНКЦІЇ ЦІЛІ, УМОВА БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОСТІ.

Необхідність розв'язування задач з дробово-лінійними цільовими функціями зумовлена рядом прикладних задач, які вимагають оптимізації деякого відносного показника [2]. Виконаємо постановку задачі: знайти таке $x^* \in D \subseteq X$, що $x^* = \arg \underset{x \in D \subseteq X}{extr} F(x)$, де $F(f_1, f_2, \dots, f_n)$ – векторний критерій з

дробово-лінійних функцій
$$f_i = \underset{x \in D \subseteq X}{extr} \frac{\sum_{j=1}^m c_i x_j + c_0}{\sum_{j=1}^m d_i x_j + d_0}, i, j \in N_m,$$

$D \subseteq X$ – множина допустимих розв'язків задач, що формується із системи лінійних обмежень, X – задана комбінаторна конфігурація, $extr \in \{min, max\}$ – напрям оптимізації.

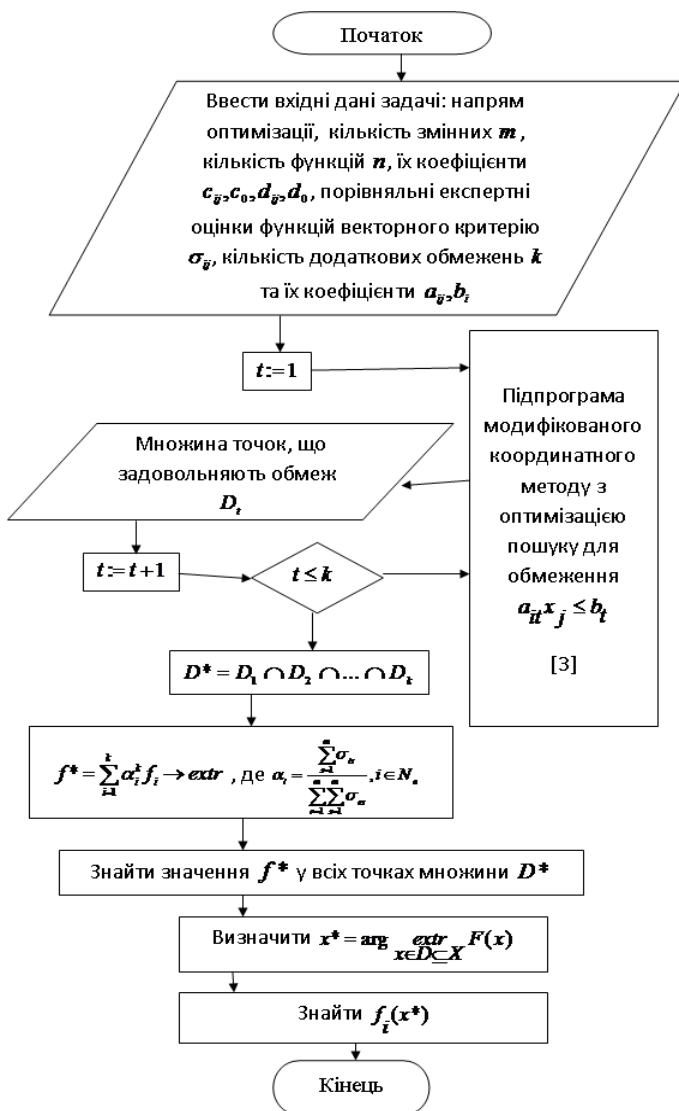


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритму розв’язування векторних екстремальних комбінаторних задач з дробово-лінійними функціями цілі на комбінаторній конфігурації перестановок

Поєднання багатокритеріальності та комбінаторних властивостей значно ускладнює процес пошуку розв'язків та вимагає застосування специфічних методів. При розв'язуванні задач з дробово-лінійною функцією цілі зазвичай використовують метод лінеаризації критерію, але при умові багатокритеріальності цей процес значно ускладнюється.

На рис. 1 представлена блок-схема алгоритму розв'язування поставленої задачі, який використовує модифікований координатний метод з додатковим етапом оптимізації пошуку, який дозволяє розв'язати поставлену задачу уникаючи лінеаризації [1, 3]. Можливість цього зумовлена тим, що ключовим етапом запропонованого підходу є безпосередня робота з системою обмежень задачі. Алгоритм дозволяє сформувати множину D^* точок комбінаторної конфігурації, що задовольняє системі додаткових обмежень. Множина розв'язків формується шляхом порівняння значень функції у знайдених точках множини D^* . Оскільки скалярний критерій формується на основі експертних оцінок, то множина розв'язків буде множною Парето-оптимальних.

Наукова новизна: запропоновано алгоритм розв'язування екстремальних комбінаторних задач з дробово-лінійними функціями цілі при умові багатокритеріальності на основі теорії графів. Даний підхід не вимагає лінеаризації критеріїв та містить етап оптимізації пошуку, що дозволяє зменшити кількість обчислень при розв'язуванні поставленої задачі.

Список використаних джерел

1. Донець Г. П. Екстремальні задачі на комбінаторних конфігураціях : монографія / Г. П. Донець, Л. М. Колечкіна. – Полтава : ПУЕТ, 2011. – 362 с.
2. Ємець О. О. Задачі комбінаторної оптимізації з дробово-лінійними цільовими функціями : монографія / О. О. Ємець, Л. М. Колечкіна. – Київ : Наук. думка, 2005. – 113 с.
3. Колечкіна Л. Н. Модификация координатного метода решения экстремальных задач на комбинаторных конфигурациях при условии многокритериальности / Л. Н. Колечкіна, Е. А. Дверная, А. Н. Нагорная. // Кибернетика и системный анализ. – 2014. – Т. 50. № 4. – С. 154–161.

РОЗРОБКА ТРЕНАЖЕРА ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАЛЬНОГО КУРСУ «МАТЕМАТИЧНА ЛОГІКА ТА ТЕОРІЯ АЛГОРИТМІВ» З ТЕМИ «МАШИНИ ТЮРІНГА»

Д. М. Кондрашев, студент СІ-51м

Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі»

Kondrashev@gmail.com

В статті розглядається структура тренажера за темою «Машина Тюрінга»

In the article the structure of the simulator on «Turing machine» is considered.

Ключові слова: МАШИНА ТЮРІНГА, АЛГОРИТМ, ТРЕНАЖЕР.

Keywords: TURING MACHINE, ALGORITHM, SIMULATOR.

В рамках виконання кваліфікаційної роботи необхідно розробити тренажер з дисципліни «Математична логіка та теорія алгоритмів» з теми «Машина Тюрінга».

Виконання даного завдання полягає в програмній реалізації алгоритму тренажера з даної теми.

Для реалізації поставленої задачі необхідно володіти математичними принципами роботи Мащини Тюрінга, розглянемо їх.

Ідея створення машини Тюрінга, запропонована англійським математиком А. Тюрінгом у тридцяті роках ХХ століття і пов'язана з його спробами дати точне математичне визначення поняття алгоритму.

Машина Тюрінга (МТ) – це математична модель ідеалізованої цифрової обчислювальної машини [1].

Машина Тюрінга є таким же математичним об'єктом, як функція, похідна, інтеграл, група і т. д. Так само як і інші поняття, поняття машини Тюрінга відбиває об'єктивну реальність, моделює якісь реальні процеси.

Для опису алгоритму МТ зручно представити якийсь пристрій, що складається із чотирьох частин: стрічки, голівки, що зчитує інформацію, пристрою керування й внутрішньої пам'яті [2].

Розглянемо алгоритм роботи тренажера на прикладі.

При завантаженні тренажера користувачу пропонується можливість переглянути теоретичний матеріал та пройти тренінг. На першому етапі тренажеру користувачеві виводиться умова задачі та завдання для виконання.

Крок 1. Користувачу пропонується умова задачі:

Задана Машина Тюрінга з зовнішнім алфавітом $A = \{a_0, 1\}$ алфавітом внутрішніх станів $Q = \{q_1, q_2\}$.

Функціональну схему запишемо у вигляді послідовності команд:

- $q_1 1 \rightarrow q_1 1P$;
- $q_1 a_0 \rightarrow q_0 1$.

Необхідно визначити, в яке слово перетворить МТ задане слово $1a_011a_0a_011$, якщо вона знаходиться в початковому стані q_1 , q_0 – заключний стан і зчитує четверту комірку, рахуючи зліва. Зобразити схематично послідовність конфігурацій, що відповідають кожному такту роботи машини.

Також користувачеві пропонується виконати завдання: Відповідно до заданого за умовою задачі вхідного слова та стану шляхом перетягування проставити у активні комірки елементи слова та вказати початковий стан (рис. 1).

				q_1					
	1	a_0	1	1	a_0	a_0	1	1	

Рисунок 1 – Схема початкової конфігурації

Якщо при розташуванні поточної конфігурації користувач виконав завдання успішно – перехід на крок 2, а якщо допустив помилку виводиться повідомлення, наприклад, якщо дані невірні введені в першу комірку: «Оскільки, за умовою задачі задане слово $1a_011a_0a_011$, то на першому місці необхідно розташувати 1».

Крок 2. Користувачу відображується умова задачі та схема початкової конфігурації, відображується запитання: «В якому стані знаходиться МТ і який символ зчитує?», пропонуються варіанти відповіді:

- МТ знаходиться в стані q_1 і зчитує символ 1;
- МТ знаходиться в стані 1 і зчитує символ q_1 ;
- МТ знаходиться в стані q_0 і зчитує символ a_0 .

Якщо користувач обрав перший варіант, то здійснюється перехід до третього кроку алгоритму, якщо ні, то відображується повідомлення про помилку: «Із схеми початкової конфігурації видно, що МТ знаходиться в стані q_1 і зчитує символ 1».

Крок 3. Користувачу відображується повідомлення «Згідно команди $q_1 1 \rightarrow q_1 1П$ проставте у активні комірки слово та стан». Необхідно методом перетягування заповнити комірки (рис. 2).

					q_1				
	1	a_0	1	1	a_0	a_0	1	1	

Рисунок 2 – Схема початкової конфігурації

Якщо при розташуванні конфігурації користувач виконав завдання успішно – перехід на крок 4, а якщо допустив помилку виводиться повідомлення про помилку, у якій вказується правильний варіант та пояснюється чому саме так.

Крок 4. Користувачу відображується повідомлення «Згідно команди $q_1 a_0 \rightarrow q_0 1$ проставте у активні комірки елементи слова та обрати стан». Необхідно методом перетягування заповнити комірки (рис. 3).

					q_0				
	1	a_0	1	1	1	a_0	1	1	

Рисунок 3 – Схема початкової конфігурації

Якщо при розташуванні конфігурації користувач виконав завдання успішно – перехід на крок 5, а якщо допустив помилку виводиться повідомлення про помилку, у якій вказується правильний варіант та пояснюється чому саме так.

Крок 5. Користувачу відображується повідомлення «Із запропонованих варіантів оберіть той, який відповідає наступному крокові розв’язку задачі», пропонуються варіанти:

- Продовжуємо перетворення згідно конфігурації $q_1 a_0 \rightarrow q_0 1$;
- Продовжуємо перетворення згідно конфігурації $q_1 1 \rightarrow q_1 1П$;
- Згідно команди $q_1 a_0 \rightarrow q_0 1$, q_1 переходить в стан q_0 , тобто зупиняється.

Якщо користувач виконав завдання успішно – перехід на крок 6, а якщо допустив помилку виводиться повідомлення: «Згідно команди $q_1 a_0 \rightarrow q_0 1$, q_1 переходить в стан q_0 , тобто зупиняється.»

Крок 6. Користувачу відображується повідомлення «В яке із запропонованих слів перетворила МТ задане слово $1a_011a_0a_011$ », пропонуються варіанти відповіді:

- $1a_011a_0a_011$;
- $1a_0111a_011$;
- $1111a_0a_011$;
- $1a_01111 a_01$.

Якщо користувач виконав завдання успішно – перехід на крок 7, а якщо допустив помилку виводиться повідомлення: «Слово $1a_011a_0a_011$ перетворюються в слово $1a_0111a_011$.»

Крок 7. Користувачу виводиться повідомлення про завершення тренінгу з можливістю пройти його повторно, або завершити роботу з програмою.

Список використаних джерел

1. Мощенский В. А. Лекции по математической логике : учеб. пособие для студ. ун-тов по спец. «Прикладная математика» / В. А. Мощенский. – Минск : Изд-во БГУ, 1973. – 132 с.
2. Игошин В. И. Математическая логика и теория алгоритмов / В. И. Игошин. – Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 1991. – 256 с.

УДК 519.6

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗРИВНИХ ПРОЦЕСІВ, ЩО ЗАЛЕЖАТЬ ВІД ОДНІЄЇ ЗМІННОЇ

А. Г. Косогова, магістр

Бердянський державний педагогічний університет

a.kosogova@mail.ru

Науковий керівник: О. М. Литвин

Українська інженерно-педагогічна академія

academ_mail@ukr.net

В роботі представляється алгоритм пошуку розривів функції однієї змінної за допомогою наближення її розривним апроксимаційним сплайном а також його чисельна реалізація.

Kosogorova I. I. The work presented algorithm breaks the search functions of one variable by using the approach of approximating spline discontinuous and its numerical implementation.

Ключові слова: РОЗРИВНА ФУНКЦІЯ, РОЗРИВНА ІНТЕРПОЛЯЦІЯ, РОЗРИВНА АПРОКСИМАЦІЯ.

Keywords: FUNCTION DISCONTINUOUS, DISCONTINUOUS INTERPOLATION, DISCONTINUOUS APPROXIMATION.

Нехай розривна лінійна функція задана на інтервалі $E = [0; 1]$. Інформацією про функцію $f(x)$, $x \in [0; 1]$ є її значення, які можна отримати на довільній скінченній множині точок з інтервалу $[a, b]$. Потрібно знайти точки ε -розриву першого роду.

Розіб'ємо інтервал $[0; 1]$ вузлами $0 = x_1 < x_2 < \dots < x_n = 1$ на n інтервалів $[x_k, x_{k+1}]$, $k = \overline{1, n-1}$. Причому вузли x_k не співпадають з розривами функції $f(x)$.

Введемо поняття ε -непервності функції однієї змінної.

Визначення 1. Якщо $\left| \lim_{x \rightarrow x_q + 0} f(x) - \lim_{x \rightarrow x_q - 0} f(x) \right| < \varepsilon$, то функцію $f(x)$ будемо називати ε -непервною в точці x_q .

Викладемо алгоритм наближення розривної лінійної функції покроково.

Крок 1. Будуємо розривний апроксимаційний лінійний сплайн $S(x)$ на заданих вузлах x_k , $k = \overline{1, n}$ (наприклад, рівномірно розташованих) з невідомими коефіцієнтами C_k^+, C_{k+1}^- , $k = \overline{0, n-1}$. Причому на першій ітерації вважаємо, що односторонні значення функції в заданих вузлах збігаються. Знаходимо вектор $C = (C_1^+, C_2^-, C_2^+, C_3^-, \dots, C_{n-1}^+, C_n^-)$, обчислюючи функціонал

$$J(C) = \sum_{k=0}^{n-1} \int_{x_k}^{x_{k+1}} (f(t) - Sp_k(t))^2 dt \rightarrow \min_C. \quad (1)$$

Крок 2. Знаходимо інтервали, на яких $\int_{x_k}^{x_{k+1}} (f(t) - Sp_k(t))^2 dt \neq 0$, $k = \overline{0, n-1}$. Обчислюємо їх довжину $d_k = x_{k+1} - x_k$. Якщо

$d_k < 2\varepsilon$, то інтервали (x_k, x_{k+1}) є ε -околом точок розриву (ε -розривами) і ітераційний процес закінчено. Якщо ця умова не виконується, то знайдені інтервали ділимо навпіл. Інші інтеграли дорівнюють нулю, оскільки $f(x)$ є кусково-лінійною функцією. Отримаємо новий набір вузлів. І повторюємо крок 1.

Крок 3. В якості вузлів розривного сплайну обираємо кінці інтервалу $(0;1)$ та точки ε -розриву $x_m^*, m = \overline{1, M}$, враховуючи $C_0^+ = f(0)$, $C_m^\pm = f(x_m \pm \varepsilon)$, $m = \overline{1, M}$, $C_{M+1}^- = f(1)$.

Цей алгоритм можна модифікувати на випадок нелінійної функції. Оскільки наближувати будемо лінійним розривним сплайном, то крім значення ε , потрібно ще значення точності наближення δ . Викладаємо модифікований алгоритм покроково.

Крок 1. Будуємо розривний апроксимаційний сплайн на заданих вузлах $x_k, k = \overline{1, n}$ з коефіцієнтами $C_k^+, C_{k+1}^-, k = \overline{1, n-1}$.

Крок 2. Знаходимо матрицю C коефіцієнтів сплайна з умови (1). Після підстановки знайдених коефіцієнтів у сплайн отримуємо сплайн $S_k(x) = Sp_k(x, C)$.

Крок 3. На кожному з інтервалів $[x_k, x_{k+1}], k = \overline{1, n-1}$ обчислюємо значення $J_k^* = \max_{x_k \leq x \leq x_{k+1}} J_k(x), J_k(x) = |f(x) - S_k(x)|$.

Крок 4. Якщо виконуються умови:

1) $J_q < \delta, J_{q+1} < \delta$, де δ – задана точність наближення;

2) $S(x)$ є ε -неперервною в точці x_{q+1} , то вузол x_{q+1} видаляємо з розгляду.

Крок 5. З усіх J_k^* обираємо максимальне значення $M = \max_{1 \leq k \leq n-1} (J_k^*)$ та ділимо інтервал, якому це максимальне значення належить.

Крок 6. На новій множині вузлів знову будуємо апроксимаційний сплайн та знаходимо матрицю коефіцієнтів C .

Перевіряємо виконання умови $\max_{x \in [0,1]} |f(x) - Sp(x)| < \delta$, де δ – задана точність наближення.

Якщо умова виконана, то отримали набір оптимальних вузлів наближуючого сплайну, серед яких знаходяться і розриви

заданої функції. Якщо вказана умова не виконана, то повертаємося до кроку 3. Проведений чисельний експеримент.

Список використаних джерел

1. Литвин О. М. Метод побудови розривних лінійних сплайнів для наближення розривних функцій однієї змінної / О. М. Литвин, Ю. І. Першина // Наукові записки НаУКМА. Комп'ютерні науки. – 2012. – Т. 138. – С. 80–84.

УДК 519.85

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ МНОГОЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ЗАДАЧ К ОДНОЭКСТРЕМАЛЬНЫМ

А. И. Косолап, д. ф.-м. н., профессор

Украинский государственный химико-технологический университет
anivkos@ua.fm

В работе рассматриваются многоэкстремальные задачи. Точной квадратичной регуляризацией такие задачи преобразуются к максимуму нормы вектора на выпуклом множестве. Найдены условия при которых полученная задача преобразуется к одноэкстремальной.

Kosolap A. I. In this paper we consider the multiextreme problems. Exact quadratic regularization such problems will be transformed to a maximum of norm a vector on convex set. Conditions are found at which received problem will be transformed to the one-extreme.

Ключевые слова: МНОГОЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ, ТОЧНАЯ КВАДРАТИЧНАЯ РЕГУЛЯРИЗАЦИЯ, КРИВИЗНА ВЫПУКЛОЙ ГИПЕРПОВЕРХНОСТИ.

Keywords: MULTIEXTREME PROBLEMS, EXACT QUADRATIC REGULARIZATION, CURVATURE OF THE CONVEX HYPERSURFACE.

Широкий класс многоэкстремальных задач при помощи точной квадратичной регуляризации преобразуется к максимизации нормы вектора на выпуклом множестве [1]. Несмотря на то, что преобразованная задача также является многоэкстремальной, для некоторых выпуклых множеств она преобразуется к одно-

экстремальной. Такими выпуклыми множествами являются прямоугольные параллелепипеды, многогранники, пересечение шаров и некоторые другие. В работе предлагаются дополнительные преобразования, позволяющие преобразовывать многоэкстремальные задачи к одноэкстремальным.

Постановка задачи и ее решение. Рассмотрим следующую многоэкстремальную задачу

$$\max \{ \|x\|^2 \mid x \in S \}, \quad (1)$$

где S – выпуклое ограниченное множество. Ниже приводятся несколько новых результатов, при которых задача (1) преобразуется к одноэкстремальной.

Лемма 1. Пусть x^1 и x^2 два локальных максимума в задаче (1), где выпуклое множество $S \subseteq E^n$, тогда функция $\|x\|^2$ достигает минимума на любой выпуклой дуге $G(x^1, x^2)$ выпуклой поверхности S , соединяющей точки x^1 и x^2 .

Доказательство. Из определения локального максимума следует, что функция $\|x\|^2$ убывает в любом направлении от точек x^1 и x^2 в их окрестности. Если, начиная с точки x^0 дуги $G(x^1, x^2)$ в направлении от x^1 к x^2 функция $\|x\|^2$ начнет возрастать, то x^0 – точка минимума функции $\|x\|^2$. Если же вдоль дуги $G(x^1, x^2)$ в направлении от x^1 к x^2 функция $\|x\|^2$ монотонно убывает, то в окрестности точки x^2 вдоль дуги $G(x^1, x^2)$ (от точки x^2 к x^1) функция $\|x\|^2$ будет возрастать. Но это противоречит тому, что x^2 – точка локального максимума. Противоречие доказывает лемму.

Определение. Пусть x^0 – точка на выпуклой поверхности S . Каждая точка x^i поверхности S в окрестности x^0 определяет кривую минимальной длины на этой поверхности. Тогда минимальное значение кривизны кривой (x^0, x^i) в точке $x^0 \forall i$ будем называть минимальной кривизной выпуклой гиперповерхности S в точке x^0 .

Лемма 2. Пусть в каждой точке x^i выпуклой поверхности S ее минимальная кривизна больше кривизны шара $\{x \|x\|^2 \leq \|x^i\|^2\}$, тогда задача (1) является одноэкстремальной.

Доказательство. Допустим противное, что задача (1) имеет два локальных максимума в точках x^1 и x^2 . Соединим эти дуги кривой минимальной длины на поверхности S . Тогда из леммы 1 следует, что на этой кривой должна быть точка минимума функции $\|x\|^2$. Но в точке минимума кривизна кривой будет меньше кривизны шара. Это противоречие доказывает лемму.

Лемма 3. Пусть k_1 и k_2 – минимальные кривизны выпуклых гиперповерхностей S_1 и S_2 соответственно, тогда минимальная кривизна k их пересечения удовлетворяет условию $k \geq \max\{k_1, k_2\}$.

Доказательство. Пусть x – точка пересечения гиперповерхностей S_1 и S_2 , причем $k_2 \geq k_1$, тогда любая кривая, проходящая через x и принадлежащая $S_1 \cap S_2$ будет принадлежать поверхности S_2 . Но минимальная кривизна такой кривой равна k_2 , поэтому $k \geq \max\{k_1, k_2\}$.

Будем обозначать через $S(x-h)$ сдвиг выпуклого множества S вдоль биссектрисы положительного ортанта на величину $h > 0$.

Теорема 1. Пусть минимальная кривизна выпуклой поверхности S больше нуля, тогда существует такое $h > 0$, что задача

$$\max\left\{\|x\|^2 \mid x \in S(x-h), x \geq h\right\} \quad (2)$$

будет одноэкстремальной.

Доказательство. При увеличении значения h минимальная кривизна поверхности S не меняется, а поверхности шара будет убывать при увеличении его радиуса. Следовательно, существует такое $h > 0$, для какого кривизна шара будет меньше минимальной кривизны S в каждой ее точке. Тогда в соответствии с леммой 2 задача (2) будет одноэкстремальной.

При смещении допустимой области задачи (1) она преобразуется точной квадратичной регуляризацией к эквивалентной задаче

$$\max\left\{\|z\|^2 \mid x \in S_0 \cap S(x-h)\right\}, \quad (3)$$

где

$$S_0 = \{z \mid \|x - h\|^2 + s + 2\|z\|^2 \leq d\},$$

где s – константа, а $z = (x, x_{n+1})$.

Теорема 2. Пусть задача (1) одноэкстремальная, тогда множество $S(x-h)$ выпуклое на поверхности выпуклого множества S_0 .

Доказательство. Если задача (1) одноэкстремальная, то и задача

$$\max \{ \|x + h\|^2 \mid x \in S \} \quad (4)$$

одноэкстремальная. Это следует из того, что после замены $z = x + h$ задача (4) принимает вид

$$\max \{ \|z\|^2 \mid z \in S(z-h) \},$$

которая является одноэкстремальной для $h > 0$. Одноэкстремальность в задаче (4) означает, что линии уровня ее целевой функции делят допустимую область на две части. Так как поверхность S_0 совпадает с линиями уровня функции $\|x + h\|^2$ при любом фиксированном значении x_{n+1} , то эта поверхность также будет делить допустимую область на две части (допустимая область не зависит от переменной x_{n+1}). Таким образом, множество $S(x-h)$ связано на поверхности выпуклого множества S_0 . Покажем, что оно будет выпуклым. Пусть две точки x^1 и x^2 принадлежат этому множеству, тогда отрезок $[x^1, x^2]$ будет принадлежать пересечению выпуклых множеств S и S_0 , а его проекция на S_0 также будет допустимой. Это означает, что множество $S(x-h)$ выпукло на поверхности выпуклого множества S_0 .

Теорема 3. Пусть x^* – решение задачи (1), задача (2) одноэкстремальна и $x^* + h$ ее решение, тогда и задача (3) также одноэкстремальна.

Доказательство. Достаточно показать, что точка $x^* + h$ удовлетворяет ограничениям задачи (3). Учитывая, что

$$s \geq 2 \|x^*\|^2 + 2 \|h\|^2$$

и

$$d = 3(\|x^* + h\|^2 + x_{n+1}^2)$$

получаем для второго ограничения задачи (3)

$$\|x^* + h\|^2 + x_{n+1}^2 - 2\|h\|^2 + 2\|x^*\|^2 + 2\|h\|^2 + x_{n+1}^2 \leq 3(\|x^* + h\|^2 + x_{n+1}^2),$$

Откуда

$$-\|x^* + h\|^2 + 2\|x^*\|^2 \leq 0.$$

Таким образом, точка $x^* + h$ удовлетворяет ограничениям задачи (3). Теорема доказана.

Выводы. При использовании точной квадратичной регуляризации [1] общая задача нелинейной оптимизации преобразуется к максимизации нормы вектора на выпуклом множестве. Показано, что во многих случаях такая задача преобразуется к одноэкстремальной. Для решения одноэкстремальных задач эффективным является прямо-двойственный метод внутренней точки [2].

Список использованных источников

1. Косолап А. И. Глобальная оптимизация. Метод точной квадратичной регуляризации / А. И. Косолап – Днепропетровск : ПГАСА, 2015. – 164 с.
2. Nocedal J., Wright S. J. Numerical optimization. Springer, 2006. – 685 p.

УДК 519.85

ДВОЙСТВЕННОСТЬ ДЛЯ МНОГОЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ЗАДАЧ

А. И. Косолап, д. ф.-м. н., профессор;

А. А. Романчук, аспирант

Украинский государственный химико-технологический университет
anivkos@ua.fm

В работе рассматриваются многоэкстремальные задачи. Предлагается модификация двойственной задачи посредством

включения ограничений прямой задачи, выраженных через двойственные переменные. Показано что при разрыве двойственности больше нуля двойственные переменные определяют решение исходной задачи.

Kosolap A. I. Duality for multiextreme problems. In paper we consider multiextreme problems. We offer modification of a dual problem by means of inclusion of constraints of the primal problem expressed through dual variables. It is shown that at duality gap more than zero dual variables define the solution of an initial problem.

Ключевые слова: МНОГОЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ, ДВОЙСТВЕННАЯ ЗАДАЧА, РАЗРЫВ ДВОЙСТВЕННОСТИ.

Keywords: MULTIEXTREME PROBLEMS, DUAL PROBLEM, DUALITY GAP.

Математические оптимизационные модели сложных систем, как правило, многоэкстремальны. Такие задачи являются сложными для численного решения, так как могут содержать много локальных экстремумов. Для нахождения глобального экстремума в этих задачах используются методы ветвей и границ [1], внешних аппроксимаций [2], полуопределенной релаксации [3], двойственные методы [4], методы случайного поиска [5] и др. Однако эти методы могут находить решения только для задач малой размерности либо позволяют находить приближенные решения, которые часто далеки от точек глобального экстремума.

В настоящей работе для решения классов многоэкстремальных задач используется двойственный метод. Этот метод позволяет находить в общем случае только оценки целевой функции прямой задачи. Если ограничения двойственной задачи дополнить ограничениями прямой задачи, выраженными через двойственные переменные, то решение такой двойственной задачи позволяет определить решение прямой задачи даже в том случае, когда разрыв двойственности больше нуля. Покажем это на примере максимизации нормы вектора на пересечении шаров. К этой задаче преобразуются многие многоэкстремальные задачи посредством точной квадратичной регуляризации [6].

Постановка задачи. Рассмотрим следующую многоэкстремальную задачу

$$\max \{ \|x\|^2 \mid \|x - a^i\|^2 \leq r_i^2, i = 1, \dots, m \}. \quad (1)$$

Построим функцию Лагранжа

$$L(x, \lambda) = \|x\|^2 - \sum_{i=1}^m \lambda_i (\|x - a^i\|^2 - r_i^2)$$

и решим задачу (1) методом множителей Лагранжа, получим решение

$$x(\lambda) = \frac{\sum_{i=1}^m \lambda_i a^i}{\sum_{i=1}^m \lambda_i - 1}. \quad (2)$$

Найти положительные множители, используя ограничения задачи (1) сложно. Поэтому будем их искать из решения двойственной задачи. Двойственная функция равна максимуму функции Лагранжа и может быть найдена в явном виде

$$g(\lambda) = \frac{\left\| \sum_{i=1}^m \lambda_i a^i \right\|^2}{\sum_{i=1}^m \lambda_i - 1} - \sum_{i=1}^m \lambda_i (\|a^i\|^2 - r_i^2),$$

а двойственная задача равна

$$\min \left\{ g(\lambda) \mid \left\| \frac{\sum_{i=1}^m \lambda_i a^i}{\sum_{i=1}^m \lambda_i - 1} - a^i \right\|^2 \leq r_i^2, i = 1, \dots, m, \sum_{i=1}^m \lambda_i - 1 \geq 0, \lambda \geq 0 \right\}. \quad (3)$$

Задача (3) – одноэкстремальная и решается прямо-двойственным методом внутренней точки [7].

Пример. Решим задачу (1) для $n = 2$ и $m = 3$, значения a^i и r_i^2 приведены в табл. 1. Эта задача имеет три локальных максимума. Решение задачи (3) равно $\lambda = (0,333584; 0,424901;$

0,242259). После подстановки этих значений в формулу (2), определим точку глобального максимума $x^* = (0,060608; 5,08025)$ задачи (1). Разрыв двойственности в этой задаче больше нуля $\|x(\lambda)\|^2 = 25,8126$, $g(\lambda) = 56,20748$. Активным в точке x^* будет первое и третье ограничение. Решим для этих ограничений линейную систему уравнений

$$x^* - \sum \lambda(x^* - a^i) = 0,$$

получим оптимальные множители Лагранжа $\lambda^* = (0,17207; 0; 0,34898)$. Для этих множителей разрыв двойственности будет равен нулю $g(\lambda^*) = \|x^*\|^2 = 25,8126$.

Таблица 1 – Исходные данные для примера

a^1	a^2	r^2
12	-4	225
-6	6	109
-6	5	$(\sqrt{136} + 0,1)^2$

Если в двойственной задаче (3) не учитывать ограничений прямой задачи (так делается во всех двойственных методах), то получим больший разрыв двойственности $\|x(\lambda)\|^2 = 3,413172$, причем точка $x(\lambda)$ не будет экстремальной для задачи (1). В некоторых случаях точка $x(\lambda)$ будет недопустимой для задачи (1).

Переместим допустимое множество задачи (1) вдоль биссектрисы положительного ортанта на величину h и используем точную квадратичную регуляризацию. Такое преобразование приведет к уменьшению $g(\lambda)$. Для рассмотренного примера после преобразования разрыв двойственности становится равным нулю.

Выводы. При использовании точной квадратичной регуляризации [6] общая задача нелинейной оптимизации преобразуется к максимизации нормы вектора на выпуклом множестве, которое аппроксимируется пересечением шаров. Для решения полученной задачи используется двойственный метод.

Проведенные численные эксперименты подтверждают эффективность рассмотренного двойственного метода.

Список использованных источников

1. Horst R. Global Optimization: Deterministic Approaches / R. Horst, H. Tuy. – 3rd ed., Berlin : Springer-Verlag, 1996. – 727 p.
2. Essays and surveys in Global optimization / Ed. by C. Audet, P. Hansen, G. Savard. – Springer Science+Business Media, Inc. – 2005. – 301 p.
3. Ye Y. Semidefinite programming / Y. Ye. – Stanford University, 2003. – 161 p.
4. Шор Н. З. Квадратичные экстремальные задачи и недифференцируемая оптимизация / Н. З. Шор, С. И. Стеценко. – Киев : Наук. думка, 1989. – 205 с.
5. Kenneth V. P. Differential Evolution. A Practical Approach to Global Optimization / V. P. Kenneth, R. M. Storn, J. A. Lampinen. – Berlin Heidelberg : Springer-Verlag, 2005. – 542 p.
6. Косолап А. И. Глобальная оптимизация. Метод точной квадратичной регуляризации / А. И. Косолап. – Днепропетровск : ПГАСА, 2015. – 164 с.
7. Nocedal J. Numerical optimization / Nocedal J., Wright S. J. Springer, 2006. – 685 p.

УДК 538.9

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОКСИДАЦІЇ ЧАДНОГО ГАЗУ НА ПЛОСКІЙ ПОВЕРХНІ КАТАЛІЗАТОРА

П. П. Костробій, І. А. Риж

Національний університет «Львівська політехніка»
ira.saj@gmail.com

У статті досліджено двовимірну модель оксидациі чадного газу (CO) на поверхні платиногого каталізатора з урахуванням процесів перебудови поверхні каталізатора та впливу температури підложки.

Kostrobij P. P., Ryzha I. A. Modeling of carbon monoxide oxidation process on the flat catalyst surface. In this article the two-dimensional mathematical model for carbon monoxide (CO) oxidation on the surface of Platinum catalyst is investigated accounting for the processes of the catalyst surface reconstruction and the effect of the substrate temperature.

Ключові слова: КАТАЛІТИЧНА РЕАКЦІЯ ОКИСЛЕННЯ, РЕАКЦІЙНО-ДИФУЗІЙНА МОДЕЛЬ.

Keywords: REACTION OF CATALYTIC OXIDATION, REACTION-DIFFUSION MODEL.

Розглянуто модель реакції каталітичного окислення чадного газу (CO), що враховує процес дифузії молекул CO на поверхні платини Pt(110), для якої характерними є процеси поверхневої перебудови. Поверхня каталізатора вважається плоскою з заданою декартовою системою координат XOY. Система кінетичних рівнянь, що описує динаміку моделі [1, 2]:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = p_u \kappa_u s_u \left(1 - (u/u_{sat})^3\right) + k_{des} u + k_r uv + D_x \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + D_y \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = p_v \kappa_v s_v \left(1 - u/u_{sat} - v/v_{sat}\right)^2 + k_r uv \quad (2)$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} = k_{ph} \left(\left(1 + \exp\left(\frac{u_0 - u/u_{sat}}{\delta u}\right)\right)^{-1} - w \right). \quad (3)$$

Тут u та v – поверхневі покриття CO та O відповідно; p_u , p_v – парціальні тиски; κ_u , κ_v – частоти зіткнень молекул з поверхнею; s_u , s_v – коефіцієнти налипання; u_{sat} , v_{sat} – покриття насичення; w – частка поверхні неперебудованої структури (1×1) на поверхні Pt(110); k_r , k_{des} , k_{ph} – коефіцієнти, які характеризують відповідно швидкості реакції, десорбції CO та структурного фазового переходу; D_x , D_y – коефіцієнти дифузії CO в напрямку координат x та y ; u_0 , δu – параметри структурного фазового переходу. Коефіцієнт налипання кисню s_v у рівнянні (2) записується як лінійна комбінація значень для структур (1×2) та (1×1): $s_v = s_v^{1 \times 1} w + s_v^{1 \times 2} (1 - w)$. Коефіцієнти швидкостей реакції, десорбції та фазового переходу залежать від температури і підпорядковуються рівнянням Арреніуса:

$$k_r [T] = k_r^0 \exp(-E_r/RT), \quad k_{des} [T] = k_{des}^0 \exp(-E_{des}/RT),$$

$$k_{ph}[T] = k_{ph}^0 \exp(-E_{ph}/RT),$$

Тут k_r^0 , k_{des}^0 , k_{ph}^0 – коефіцієнти, які не залежать від температури; E_r , E_{des} , E_{ph} – енергії активації; R – універсальна газова стала.

Для повноти моделі враховано генеровані при хімічних реакціях теплові процеси. У феноменологічному формулюванні [3] рівняння теплового балансу є таким:

$$c_p \rho \frac{\partial T}{\partial t} = \kappa_{cond} \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) + \frac{\sqrt{2}}{d^2 L N_A} [\Delta H_{des} k_{des} u + \Delta H_r k_r uv + \Delta H_{u,ads} p_u \kappa_u s_u (1 - (u/u_{sat})^3) + \Delta H_{v,ads} p_v \kappa_v s_v (1 - (u/u_{sat} - v/v_{sat})^2)], \quad (4)$$

де c_p – теплоємність;

ρ – густина;

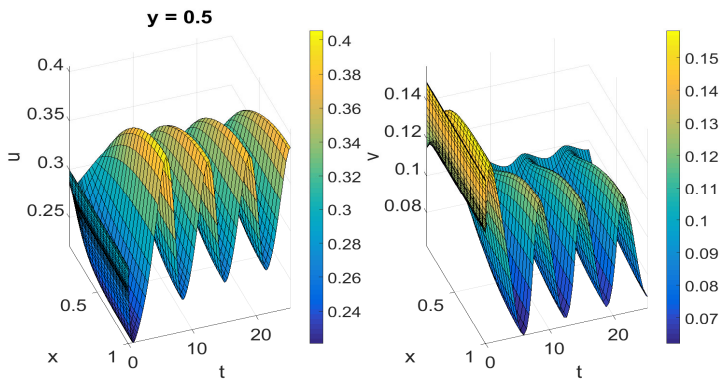
κ_{cond} – теплопровідність каталізатора;

d – довжина ребра елементарної комірки кристалічної ґратки;

L – товщина плівки;

N_A – число Авогадро.

Результати числового аналізу двовимірної математичної моделі (1)–(4) подано на графіку.



Врахування двовимірності приводить до зміни області стійкості реакції окислення СО. Як і в одновимірній моделі [4] в області стійкості реакція окислення СО на поверхні Pt-каталізатора є періодичною. Амплітудні значення парціальних тисків p_u та p_v залежать від вимірності моделі та від співвідношення $D_0 = D_y/D_x$.

Список використаних джерел

1. K. Krischer, M. Eiswirth, and G. Ertl. Oscillatory CO oxidation on Pt(110) – Modeling of temporal self-organization. J. Chem. Phys. – 1992. – 96. – P. 9161–9172.
2. I. S. Bzovska, I. M. Mryglod. Chemical oscillations in catalytic CO oxidation reaction. Condens. Matter Phys. – 2010. – Vol. 13, № 3. – P. 34801-1-5.
3. Cisternas Y., Ph. Holmes, I. G. Kevrekidis, X. Li. CO oxidation on thin Pt crystals: Temperature slaving and derivation of lumped models. J. Chem. Phys. – 2003. – V. 118, № 7. – P. 3312–3328.
4. Бзовська І. С., Мригloed І. М. Поверхневі структури в каталітичній реакції монооксиду вуглецю. Укр. фіз. журн. Т. 61, № 2, 140–148 (2016).

УДК 004.056.55

МОДЕЛЮВАННЯ МАТРИЧНИХ АФІННИХ ШИФРІВ ДЛЯ КРИПТОГРАФІЧНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ ЗОБРАЖЕНЬ

В. Г. Красиленко, к. т. н., с. н. с., доцент, професор;

Д. В. Нікітович, н. с.

krasilenko@mail.ru

Розглянуто результати моделювання матричних афінних удосконалених шифрів для крипто-перетворень чорно-білих та кольорових зображень зі зменшеною вдвічі кількістю матричних ключів. На основі експериментів у Mathcad з різними зображеннями показано, що запропоновані модифікації таких шифрів є зручними для використання та дозволяють навіть збільшити їх крипто-стійкість і функціональні можливості.

Krasilenko V. G., Nikitovich D. V. Considered the results of the simulation of superior matrix affine ciphers for crypto-transformation gray-scale and color images with the twice reduced set of matrix keys. Based on experiments in Mathcad with various images show, that the proposed modifications of these ciphers are convenient to use and allow even increase their crypto-stability and functionality.

Ключові слова: МАТРИЧНИЙ АФІННИЙ ШИФР, КРИПТО-ПЕРЕТВОРЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ, МАТРИЧНІ КЛЮЧІ.

Keywords: MATRIX AFFINE CIPHER, IMAGES CRYPTO-TRANSFORMATIONS, MATRIX KEYS.

Вступ, огляд, аналіз публікацій та постановка проблеми. Для захисту цілісності інформаційних об'єктів (ІО) та їх стійкості до потенційних загроз застосовують криптографічні методи та засоби. Зростає доля специфічних ІО у вигляді малюнків, діаграм, підписів, резолюцій, які є зображеннями і які потрібно передавати чи засвідчувати їх цифровими підписами. Більшість методів, моделей та засобів криптографічних перетворень (КП) ІО чи зображень, протоколів формування ключів зорієнтовані на послідовну скалярну обробку блоків. Поява паралельних алгоритмів і матричних процесорів, сприяла переорієнтації КП на ці засоби та створенню моделей матричного типу (МТ) [1–4]. У роботі [1] були продемонстровані переваги КП моделями МТ на основі узагальнених матричних афінних шифрів (МАШ), а в [2] показані можливості створення на їх основі сліпих цифрових підписів. Ще більш узагальнені матричні афінно-перестановочні шифри були досліджені в [3], а в [4] МАШ були застосовані для КП кольорових зображень. Алгоритми формування матричних ключів (МК) для таких моделей МТ, МАШ та КП зображень на їх основі наведені в [5]. Проте недолік МАШ та їм подібних полягає у необхідності застосування як мінімум 2-х МК, якщо реалізувати у моделі МТ і мультиплікативну і адитивну матричну складові. Тому удосконалення МАШ, направлені на зменшення кількості МК при збереженні стійкості та інших характеристик матричних моделей (ММ), їх експериментальна перевірка на різних зображеннях є актуальним завданням. **Метою роботи** є дослідження та моделювання таких модифікацій МАШ з метою їх використання для КП зображень.

Моделювання МАШ проводилось у Mathcad з використанням зображень (З) різної розмірності. Процес КП 2-х З (256*256 ел.) з М-ключом Key_GC показано на рис. 1. Ліворуч у 1, 2-у рядах криптограми, у центрі – розшифровані, вони ж початкові, праворуч – різниці (нульові). На рис. 2 показано одне з вікон з формулами, що були використані для генерування ключів, прямих та обернених до них за модулем 257, зашифрування та розшифрування кожної R, G, B складової З (600*549 ел.) трьома МК Key_C_(R, G, B) та Key_D_(R, G, B) відповідно.

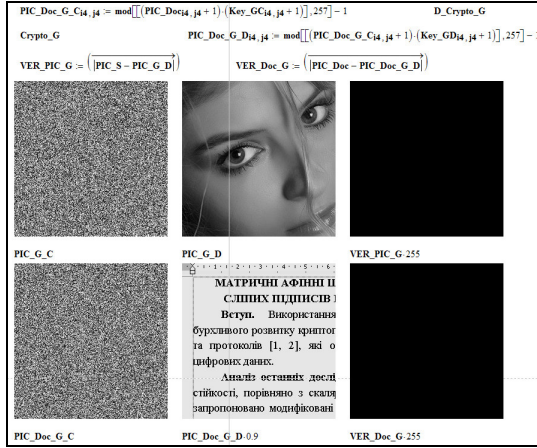


Рисунок 1 – Результати моделювання МАШ для 2-х зображень

$\text{Key_C_Ri7, j7} := \text{round}(\text{rnd}(255), 0)$ $\text{Key_C_Gi7, j7} := \text{round}(\text{rnd}(255), 0)$ $\text{Key_C_Bi7, j7} := \text{round}(\text{rnd}(255), 0)$	
$\text{Key_D_Rv17, j7} := \begin{cases} s \leftarrow 0 \\ \text{while } \text{mod}[\text{mod}[(\text{Key_C_Ri7, j7} + 1) \cdot s], 257] \neq 1 \\ s \leftarrow s + 1 \end{cases}$	
$\text{Key_D_Gv17, j7} := \begin{cases} s \leftarrow 0 \\ \text{while } \text{mod}[\text{mod}[(\text{Key_C_Gi7, j7} + 1) \cdot s], 257] \neq 1 \\ s \leftarrow s + 1 \end{cases}$	$\text{Key_D_Ri7, j7} := \text{Key_D_Rv17, j7} - 1$
$\text{Key_D_Bv17, j7} := \begin{cases} s \leftarrow 0 \\ \text{while } \text{mod}[\text{mod}[(\text{Key_C_Bi7, j7} + 1) \cdot s], 257] \neq 1 \\ s \leftarrow s + 1 \end{cases}$	$\text{Key_D_Gi7, j7} := \text{Key_D_Gv17, j7} - 1$
	$\text{Key_D_Bi7, j7} := \text{Key_D_Bv17, j7} - 1$
$\text{R_pic_Ci7, j7} := \text{mod}[\text{mod}[\text{mod}[(\text{R_pic_Ci7, j7} + 1) \cdot (\text{Key_C_Ri7, j7} + 1)], 257] - 1] + \text{Key_D_Ri7, j7}], 256]$	
$\text{G_pic_Ci7, j7} := \text{mod}[\text{mod}[\text{mod}[(\text{G_pic_Ci7, j7} + 1) \cdot (\text{Key_C_Gi7, j7} + 1)], 257] - 1] + \text{Key_D_Gi7, j7}], 256]$	
$\text{B_pic_Ci7, j7} := \text{mod}[\text{mod}[\text{mod}[(\text{B_pic_Ci7, j7} + 1) \cdot (\text{Key_C_Bi7, j7} + 1)], 257] - 1] + \text{Key_D_Bi7, j7}], 256]$	
$\text{R_pic_Di7, j7} := \text{mod}[\text{mod}[\text{mod}[(\text{R_pic_Ci7, j7} + 256 - \text{Key_D_Ri7, j7}), 256] + 1] \cdot (\text{Key_D_Ri7, j7} + 1)], 257] - 1]$	
$\text{G_pic_Di7, j7} := \text{mod}[\text{mod}[\text{mod}[(\text{G_pic_Ci7, j7} + 256 - \text{Key_D_Gi7, j7}), 256] + 1] \cdot (\text{Key_D_Gi7, j7} + 1)], 257] - 1]$	
$\text{B_pic_Di7, j7} := \text{mod}[\text{mod}[\text{mod}[(\text{B_pic_Ci7, j7} + 256 - \text{Key_D_Bi7, j7}), 256] + 1] \cdot (\text{Key_D_Bi7, j7} + 1)], 257] - 1]$	
$\text{Ver_R_pic} := \left(\left \text{R_pic} - \text{R_pic_D} \right \right) \quad \text{Ver_G_pic} := \left(\left \text{G_pic} - \text{G_pic_D} \right \right) \quad \text{Ver_B_pic} := \left(\left \text{B_pic} - \text{B_pic_D} \right \right)$	
$\text{max}(\text{Ver_R_pic}) = 0 \quad \text{min}(\text{Ver_R_pic}) = 0 \quad \text{max}(\text{Ver_G_pic}) = 0 \quad \text{min}(\text{Ver_G_pic}) = 0$	
	$\text{max}(\text{Ver_B_pic}) = 0 \quad \text{min}(\text{Ver_B_pic}) = 0$

Рисунок 2 – Вікно з формулами для КП кольорового зображення

На рис. 3 показані результати КП на основі МАШ лише з одним МК для кожної складової: кольорові вихідне З, МК (1 ряд, праворуч), криптограма (2 ряд, ліворуч) та розшифроване З. Тут зауважимо, що КП складових виконуються по-елементними матричними процедурами множення та додавання відповідно за модулями 257 та 256 з використанням практично одного відповідного МК, бо обернений до прямого за модулем є по суті адитивною складовою МАШ. Використання скалярних ключів та процедур по-елементного піднесення у степінь за модулем кожного МК дає реалізацію багатокрокових МАШ [1–3]. З урахуванням обмежень для тез низку інших експериментів ми тут не демонструємо.

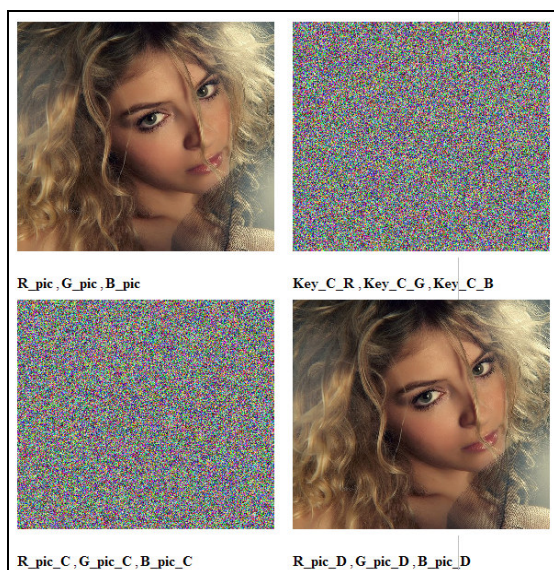


Рисунок 3 – Фрагмент вікна Mathcad з результатами КП зображення

Висновки. Моделювання підтвердили правильну роботу моделей та удосконалень матричних афінних шифрів.

Список використаних джерел

1. Красиленко В. Г. Моделювання матричних алгоритмів криптографічного захисту / В. Г. Красиленко, Ю. А. Флавицька // Вісник НУ

«Львівська політехніка» «Комп'ютерні системи та мережі». – 2009. – № 658. – С. 59–63.

2. Красиленко В. Г. Матричні афінні шифри для створення цифрових сліпих підписів на текстografічні документи / В. Г. Красиленко, С. К. Грабовляк // Системи обробки інформації. – Харків : ХУПС, 2011. – Вип. 7 (97). – С. 60–63.
3. Красиленко В. Г. Матричні афінно-перестановочні шифри для шифрування та дешифрування зображень / В. Г. Красиленко, С. К. Грабовляк // Системи обробки інформації. – Харків : ХУПС, 2012. – Вип. 3 (101). – Т. 2. – С. 53–62.
4. Красиленко В. Г. Моделювання матричних афінних алгоритмів для шифрування кольорових зображень / В. Г. Красиленко, К. В. Огородник, Ю. А. Флавицька // Комп'ютерні технології: наука і освіта: тези доповідей V Всеукр. наук.-пр. конф. – К., 2010. – С. 120–124.
5. Красиленко В. Г. Алгоритми формування двовимірних ключів для матричних алгоритмів криптографічних перетворень зображень та їх моделювання / В. Г. Красиленко, В. І. Яцковський, Р. О. Яцковська // Системи обробки інформації. – 2012. – Вип. 8. – С. 107–110.

УДК 65.015.11: 621.3.011.711

МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ В ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ ДОРОЖНОЙ СРЕДЕ

Н. И. Кульбашная, ст. преподаватель

Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А. Н. Бекетова

kulbaka.nadya@yandex.ru

Рассматривается использование методов автоматического регулирования для оценки реакции водителя на изменение дорожной обстановки по комплексной характеристике.

Kulbashnaya N. I. The article teals with the use of methods of automatic control for the evaluation of f driver's response to a change in road conditions for comprehensive characteristics.

Ключевые слова: СКОРОСТЬ ДВИЖЕНИЯ, ЭНТРОПИЯ СРЕДЫ, ПЕРЕДАТОЧНАЯ ФУНКЦИЯ.

Keywords: MOTION SPEED, ENTROPY OF ENVIRONMENT, TRANSMISSION FUNCTION.

Действия водителя зависят от информации, которая поступает к нему из дорожной среды, а также от характеристик автомобиля. Водитель, являясь подсистемой в контуре регулирования,

ния, получает информацию на «входе» и перерабатывая ее, отправляет на «выход». Замыкание контура передачи информации является способом регулирования. Поэтому разработка математического аппарата с использованием систем автоматического управления (САУ) является актуальной задачей в формировании условий движения водителя при движении по участкам дорог.

Рассмотрен процесс движения водителя по участкам дорог, в пределах которых условия определяются только инженерным обустройством среды и движение происходит без обгонов. При переезде на следующий участок происходит изменение дорожной среды, влияние которой на водителя оценивается по обобщающей характеристике, определяемой значением относительной организации поля восприятия водителя [1].

Математическая модель действий водителя автомобиля должна учитывать психофизиологические характеристики человека, а также влияние внешних факторов на результаты его деятельности. В САУ характер регулирования определяется переходным процессом, который можно задать с помощью передаточных функций автомобиля и водителя.

Разработкой передаточных функций водителя-оператора занимались ряд ученых, например, модели [2]. Однако ни одна из моделей не дает возможности моделировать действия водителя по выбору скорости движения согласно информации дорожной среды, оцениваемой комплексным показателем.

Математическая модель САУ реализована в среде MATLAB (рис. 1).

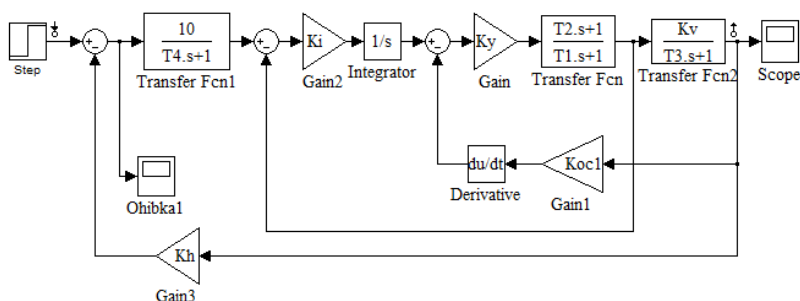


Рисунок 1 – Модель системы автоматического регулирования по выбору водителем скорости движения

В модели приняты следующие обозначения: коэффициенты: K_i – преобразования измерителя рассогласований, K_y – преобразования формирующего звена, K_{oc1} – отрицательной обратной связи «по скорости», K_h – отрицательной обратной связи общей системы регулирования; $1/s$ – интегрирующее звено первого порядка, звено запаздывания; T_1 , T_2 , T_4 – постоянные времени, характеризующие поведенческие функций водителя.

Водитель в САУ представлен как интегрально-дифференцирующее звено. Передаточная функция автомобиля включает время реакции T_3 на срабатывание исполнительных устройств автомобиля и представлена инерционным звеном. В принятую модель включено еще одно инерционное звено, характеризующее реакцию водителя T_4 на дорожную обстановку. Относительная организация является входным параметром для водителя, а скорость движения – выходным, тогда общий вид передаточной функции $W_R(s)$ имеет вид:

$$W_R(s) = \frac{V_R(s)}{R_{ng}(s)}, \quad (1)$$

где $V_R(s)$ – скорость движения в операторной форме, как значение выходного сигнала;

$R_{ng}(s)$ – относительная организация в операторной форме, как значение входного сигнала.

Отсюда скорость движения на выходе системы будет определяться как:

$$V_R(s) = W_R(s) R_{ng}(s). \quad (2)$$

Реакции водителя при периодическом изменении R_{ng} представлены в виде последовательности прямоугольных импульсов, описываемой их суммой, а каждый импульс представлен в виде двух «противоположных» одиночных импульсов. На основе предлагаемой модели получена передаточная функция системы:

$$V_R(s) = \frac{71,42}{(s^2 + 1,69s + 7,217)(s + 9,65)} \cdot \sum_{i=1}^M \frac{R_{ng0}}{s} \left[e^{-(i-1)t_2-s} - e^{-(i-1)t_2s-t_1s} \right], \quad (3)$$

преобразование которой позволит определить значение скорости движения автомобиля в определенные моменты времени с учетом всех факторов дорожной среды.

Список использованных источников

1. Системологія на транспорті : підручник : у 5 кн. / за заг. ред. Ф. М. Дмитриченка / Кн. 5 : Ергономіка / Е. В. Гаврилов, М. Ф. Дмитриченко, В. К. Доля та ін. – Київ : Знання України, 2008. – 256 с.
2. Дияб А. О. Поведенческое моделирование эффективности управления автотранспортными средствами : автореф. дис. ... канд. техн. наук / А. О. Дияб. – Минск : БНТУ, 2013. – 21 с.

УДК 519.8

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ СКЛАДАННЯ РОЗКЛАДУ ЗАНЯТЬ У ВНЗ

М. В. Леонова, аспірант

Вищий навчальний заклад «Полтавський університет економіки і торгівлі»

Mariay2604@rambler.ru

В статті запропонована математична модель задачі складання навчального розкладу. Описано всі можливі обмеження задачі та метод гілок та меж, як перспективний шлях її розв'язання.

Leonova M. V. Modeling of scheduling classes in universities. In the article proposed mathematical model the problem of the training schedule. Describe all possible problems and constraints method of branch and bound like a promising way to solve it.

Ключові слова: РОЗКЛАД ЗАНЯТЬ, ТЕОРІЯ РОЗКЛАДІВ, КОМБІНАТОРНА ОПТИМІЗАЦІЯ.

Keywords: SCHEDULE, SCHEDULING THEORY, COMBINATORIAL OPTIMIZATION.

Аналіз джерельної бази та постановок задач складання розкладу дозволяють запропонувати нову модель цієї задачі.

Задача навчального розкладу полягає в тому, щоб скласти оптимальний у деякому сенсі графік занять певного факультету на тиждень, враховуючи такі параметри: N_1 викладачів, N_2 дис-

циплін, N_3 видів занять, N_4 груп, N_5 аудиторій, N_6 робочих днів тижня, N_7 пар. Номери викладачів позначимо $v \in J_{N_1}$; дисциплін $l \in J_{N_2}$; видів занять $z \in J_{N_3}$; груп $g \in J_{N_4}$; аудиторій $a \in J_{N_5}$; робочих днів тижня $d \in J_{N_6}$; пар $t \in J_{N_7}$.

Введемо булеву змінну

$$x_{v,l,z,g,a,d,t} = \begin{cases} 1, & \text{коли викладач } v \text{ призначається на дисципліну } l \\ & \text{з видом заняття } z, \text{ в групі } g, \text{ в аудиторії } a, \\ & \text{в день } d, \text{ на пару } t; \\ 0, & \text{в іншому випадку.} \end{cases}$$

Назвемо розкладом набір значень змінних рівних одиниці. Нехай відома значущість (вага) того, що $x_{v,l,z,g,a,d,t}$ приймає значення 1 – це $c_{v,l,z,g,a,d,t}$. Поставимо задачу оптимізації суми зваженої значущості розкладу за умов виконання необхідних обмежень, які формалізуємо далі.

Тоді математична модель задачі може бути представлена у вигляді:

$$F(x) = \sum_{v=1}^{N_1} \sum_{l=1}^{N_2} \sum_{z=1}^{N_3} \sum_{g=1}^{N_4} \sum_{a=1}^{N_5} \sum_{d=1}^{N_6} \sum_{t=1}^{N_7} c_{v,l,z,g,a,d,t} x_{v,l,z,g,a,d,t} \rightarrow \max, \quad (1)$$

за обмежень:

1) лише один викладач може бути призначений на дисципліну l , вид заняття z , групу g , аудиторію a , день d , пару t :

$$\sum_{v=1}^{N_1} x_{v,l,z,g,a,d,t} = 1, \quad (2)$$

2) лише на одну дисципліну може бути призначений викладач v , вид заняття z , група g , аудиторія a , день d , пара t :

$$\sum_{l=1}^{N_2} x_{v,l,z,g,a,d,t} = 1, \quad (3)$$

3) лише одному виду занять може відповідати викладач v , дисципліна l , група g , аудиторія a , день d , пара t :

$$\sum_{z=1}^{N_3} x_{v,l,z,g,a,d,t} = 1, \quad (4)$$

4) лише одній групі може відповідати викладач v , дисципліна l , вид заняття z , аудиторія a , день d , пара t :

$$\sum_{g=1}^{N_4} x_{v,l,z,g,a,d,t} = 1, \quad (5)$$

5) лише одній аудиторії може бути призначений викладач v , дисципліна l , вид заняття z , група g , день d , пара t :

$$\sum_{a=1}^{N_5} x_{v,l,z,g,a,d,t} = 1, \quad (6)$$

Далі розглянемо обмеження задачі, які задаються у вигляді нерівностей.

Обмеження на кількість T_g годин в тиждень для групи:

$$\sum_{v=1}^{N_1} \sum_{l=1}^{N_2} \sum_{z=1}^{N_3} \sum_{a=1}^{N_5} \sum_{d=1}^{N_6} \sum_{t=1}^{N_7} x_{v,l,z,g,a,d,t} \leq T_g \quad \forall g \in J_{N_4}, \quad (7)$$

Обмеження на кількість T_v годин в тиждень для викладача:

$$\sum_{l=1}^{N_2} \sum_{z=1}^{N_3} \sum_{g=1}^{N_4} \sum_{a=1}^{N_5} \sum_{d=1}^{N_6} \sum_{t=1}^{N_7} x_{v,l,z,g,a,d,t} \leq T_v \quad \forall v \in J_{N_1}, \quad (8)$$

Обмеження на кількість $T_{g,d}$ пар в день для групи:

$$2 \leq \sum_{v=1}^{N_1} \sum_{l=1}^{N_2} \sum_{z=1}^{N_3} \sum_{a=1}^{N_5} \sum_{t=1}^{N_7} x_{v,l,z,g,a,d,t} \leq T_{g,d} \quad \forall g \in J_{N_4}, d \in J_{N_6}. \quad (9)$$

Обмеження на кількість повторень деяких занять. Наприклад, викладач v_i може бути призначений на дисципліну l_i в групі g_i не більше n_{v_i,l_i,g_i} раз:

$$\sum_{z=1}^{N_3} \sum_{a=1}^{N_5} \sum_{d=1}^{N_6} \sum_{t=1}^{N_7} x_{v_i,l_i,z,g_i,a,d,t} \leq n_{v_i,l_i,g_i}. \quad (10)$$

Розглянемо також обмеження типу «не призначати». Наприклад, не призначати викладача v_i на час t_i :

$$\sum_{l=1}^{N_2} \sum_{z=1}^{N_3} \sum_{g=1}^{N_4} \sum_{a=1}^{N_5} \sum_{d=1}^{N_6} x_{v_i, l, z, g, a, d, t_i} = -\infty. \quad (11)$$

Не призначати викладача v_i на день d_i :

$$\sum_{l=1}^{N_2} \sum_{z=1}^{N_3} \sum_{g=1}^{N_4} \sum_{a=1}^{N_5} \sum_{t=1}^{N_7} x_{v_i, l, z, g, a, d_i, t} = -\infty. \quad (12)$$

Не призначати групу g_i і аудиторію a_i :

$$\sum_{v=1}^{N_1} \sum_{l=1}^{N_2} \sum_{z=1}^{N_3} \sum_{d=1}^{N_6} \sum_{t=1}^{N_7} x_{v, l, z, g_i, a_i, d, t} = -\infty. \quad (13)$$

Суттєвою умовою для складання нового розкладу є обмеження на навчальне навантаження викладача в певній групі з певної дисципліни та форми занять:

$$\underline{K}_{v_i, l_i, z_i, g_i} \leq \sum_{a=1}^{N_5} \sum_{d=1}^{N_6} \sum_{t=1}^{N_7} x_{v_i, l_i, z_i, g_i, a, d, t} \leq \overline{K}_{v_i, l_i, z_i, g_i},$$

де $\overline{K}_{v_i, l_i, z_i, g_i}$ – максимальна кількість годин на тиждень, $\underline{K}_{v_i, l_i, z_i, g_i}$ – мінімальна кількість годин на тиждень.

Нехай G – мультимножина, що складається з N одиниць та $K - N$ нулів. $G = \{1^N, 0^{K-N}\}$, де K – загальна кількість змінних в задачі. Підрахуємо кількість N одиниць розкладу, тоді допустимий розв'язок задачі можна розглядати як впорядковану K -вибірку з мультимножини G , тобто як елемент загальної множини переставлень $E_{K,2}(G)$:

$$x \in (x_{111}, \dots, x_{K_1, K_2, K_3}) \in E_{K,2}(G).$$

Множина $E_{K,2}(G)$ лежить в вершинах загального переставного многогранника: $x \in \Pi_K(G)$.

Зауваження. Спрощення математичної моделі задачі про розклад можна здійснити за рахунок зменшення вимірності

матриці ефективності з 7-вимірною до 3-вимірною з такими «вимірами»:

1) викладач-дисципліна-група-вид заняття. Ці параметри доцільно об'єднати, оскільки вони є нерозривно зв'язаними: викладач викладає лише певні заплановані йому дисципліни у певних групах і видами занять;

2) аудиторії;

3) пари-дні тижня (понеділок 1–6 пари, вівторок 7–12 і т. д.).

Модель тижневого розкладу.

Позначимо множину елементів «1 виміру» K_1 , множину аудиторій K_2 ($K_2 = N_5$), множину «3 виміру» K_3 .

$$F(x) = \sum_{k=1}^{K_1} \sum_{a=1}^{K_2} \sum_{t=1}^{K_3} x_{kat} c_{kat} \rightarrow \max.$$

Як один з перспективних підходів до її розв'язання вбачається такий метод гілок та меж, на базі якого можуть бути сформувані і наближені розв'язки задачі [7–9].

Запропонована нова модель з комбінаторними обмеженнями та метод гілок та меж, як перспективний шлях її розв'язання задачі. В якості перспектив подальших досліджень доцільно розглянути практичну ефективність застосування методу гілок та меж до задач складання навчального розкладу ВНЗ.

Список використаних джерел

1. Танаев В. С. Введение в теорию расписаний / В. С. Танаев, В. В. Шкурба. – Москва : Наука, 1975. – 256 с.
2. Кофман Э. Г. Теория расписаний и вычислительные машины / Э. Г. Кофман. – Москва : Наука, 1984. – 335 с.
3. Конвей Р. В. Теория расписаний / Р. В. Конвей, В. Л. Максвелл, Л. В. Миллер. – Москва : Наука, 1975. – 360 с.
4. Муха В. С. Задача ученого расписания: постановка и решение / Муха В. С. // Проблемы управления и информатики. – 2012. – № 6. – С. 125–136.
5. Томашевський В. М. Складання розкладів занять у дистанційних системах навчання / В. М. Томашевський, Ю. Л. Новіков // Матеріали 1-ї Міжнародної науково-технічної конференції. – Черкаси : Маклаут, 2011. – С. 384–386.
6. Ускач А. Ф. Модели задачи распределения в теории расписания / А. Ф. Ускач, В. Д. Гогунский, А. Е. Яковенко // Автоматика. Авто-

матизация. Электрические комплексы и системы. – Херсон : ХНТУ, 2006. – № 2 (18). – С. 98–104.

7. Сергиенко И. В. Модели и методы решения на ЭВМ комбинаторных задач оптимизации / И. В. Сергиенко, М. Ф. Каспшицкая. – Киев : Наукова думка, 1981. – 288 с.
8. Ємець О. О. Транспортні задачі комбінаторного типу: властивості, розв'язування, узагальнення : монографія / О. О. Ємець, Т. О. Парфьонова. – Полтава : ПУЕТ, 2011. – 174 с. – Режим доступу <http://dspace.uccu.org.ua/handle/123456789/353>. – Назва з екрана.
9. Ємець О. О. Розв'язування задач комбінаторної оптимізації на нечітких множинах : монографія / О. О. Ємець, Ол-ра О. Ємець. – Полтава : ПУЕТ, 2011. – 239 с.

УДК 519.6

ОПТИМІЗАЦІЯ КІЛЬКОСТІ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ У МЕТОДІ ОБЧИСЛЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ ФУР'Є ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОЕКЦІЙ

О. М. Литвин, д. ф.-м. н., професор

Українська інженерно-педагогічна академія

academ_mail@ukr.net

О. Г. Литвин, к. ф.-м. н., професор

Харківський національний університет радіоелектроніки

litvinog@ukr.net

Досліджується метод розв'язання задачі реконструкції зображень на основі використання скінченних сум Фур'є, запропонований автором Литвин О. М., в якому коефіцієнти Фур'є обчислюються за допомогою проекцій, що надходять з комп'ютерного томографа. Отримано співвідношення між порядком сум Фур'є, кількістю проекцій та точністю відновлення функції.

Litvin O. M., Litvin O. G .Optimizing the number of experimental data in the method of calculating Fourier coefficients using projections.We study the method of solving the problem of image reconstruction based on the use of finite Fourier sums proposed by the author O. M. Litvin, where the Fourier coefficients are calculated using projections coming from the computer tomograph. Correlations between order Fourier sums, the number of projections and accurate restoration of function are given.

Ключові слова: РЕКОНСТРУКЦІЯ, ЗОБРАЖЕННЯ, СУМА ФУР'Є.

Keywords: RECONSTRUCTION, IMAGE, SUMFOURIER

1. Обчислення коефіцієнтів Фур'є за допомогою проєкцій методом О. М. Литвина [1–3].

Задача реконструкції зображень полягає у відновленні функції $f(x, y)$ за відомими проєкційними даними – значеннями інтегралів γ_μ вздовж прямих L_μ , які перетинають об'єкт дослідження:

$$\int_{L_\mu} f(x, y) dl = \gamma_\mu, \mu = \overline{1, Q}. \quad (1)$$

Надалі будемо вважати, що об'єкт дослідження належить квадрату $D = [0, 1]^2$. Цю задачу можна інтерпретувати як задачу відновлення функції $f(x, y)$ – коефіцієнта поглинання рентгєнівських променів або як задачу дослідження щільності $f(x, y)$ всередині деякого тіла на площині Oxy методами рентгєнівської комп'ютерної томографії. Проєкційні дані, які є експериментальними даними, надходять з комп'ютерного томографа.

Згідно з досліджуванним методом розв'язок задачі відшукувався у вигляді суми Фур'є.

$$f(x, y) \approx S_{N, N}(x, y) = \sum_{k=-N}^N \sum_{l=-N}^N F_{k, l} e^{i2\pi(kx+ly)}, \quad (2)$$

де коефіцієнти Фур'є обчислюються за формулою

$$F_{k, l} = \iint_D f(x, y) e^{-i2\pi(kx+ly)} dx dy.$$

Особливістю і перевагою розробленого методу є те, що знайдено явні формули для наближеного обчислення коефіцієнтів Фур'є функції двох змінних через значення проєкцій. Це звело розв'язання задачі до обчислення інтегралів. Вибір системи прямих, вздовж яких задаються проєкційні дані, а отже, і вигляд інтегралів, і вигляд формул для їх обчислення, обумовлений значеннями індексів k та l у сумі Фур'є. Для обчислення кое-

фіцієнтів Фур'є $F_{k,l}$ за допомогою проєкцій розглядалися окремо випадки щодо знаків k та l та їх взаємного розташування.

Для обчислення коефіцієнтів Фур'є $F_{k,l}$ за допомогою проєкцій розглядаємо окремо випадки щодо знаків k та l . Зокрема, для випадку $k > 0$ і $l > 0$ робимо вказану заміну змінних $kx + ly = t$,

$-lx + ky = v$, звідки $x = x(t, v) = \frac{kt - lv}{k^2 + l^2}$, $y = y(t, v) = \frac{lt + kv}{k^2 + l^2}$. У результаті область інтегрування D розіб'ється на три під області D_1, D_2, D_3 , коли $k > l$ або $k < l$, та на дві підобласті D_1 , та D_3 , якщо $k = l$. Тоді

$$F_{k,l} = I_1 + I_2 + I_3,$$

де, наприклад, інтеграл I_1 по області D_1 для випадку, коли $k > l > 0$, зводиться до вигляду:

$$\begin{aligned} I_1 &= \iint_{D_1} f(x, y) e^{-i2\pi(kx+ly)} dx dy = \\ &= \iint_{\tilde{D}_1} f\left(\frac{kt-lv}{k^2+l^2}, \frac{lt+kv}{k^2+l^2}\right) e^{-i2\pi t} |J| dt dv = \\ &= \int_0^l \frac{e^{-i2\pi t} dt}{k^2+l^2} \int_{-\frac{lt}{k}}^{\frac{kt}{l}} f\left(\frac{kt-lv}{k^2+l^2}, \frac{lt+kv}{k^2+l^2}\right) dv. \end{aligned}$$

Аналогічно визначаються інтеграли I_2, I_3 .

2. Чисельна реалізація методу.

В основі чисельної реалізації запропонованого методу наближеного обчислення коефіцієнтів Фур'є лежить заміна під знаком інтеграла періодичної експоненціальної функції $e^{-i2\pi t}$ кусково-сталим періодичним сплайном

$$e^{-i2\pi t} = \cos 2\pi t - i \sin 2\pi t \approx Cp(m, 2\pi t) - iSp(m, 2\pi t).$$

У цій формулі m – кількість інтервалів розбиття чверть періоду функцій $\cos 2\pi t$ та $\sin 2\pi t$ на підінтервали, в яких відповідні

періодичні функції $\cos 2\pi t$ та $\sin 2\pi t$ замінюються сталою величиною найкращого рівномірного наближення вказаних функцій.

Наводимо оцінку похибки, яка при цьому виникає.

$$|\cos(2\pi t) - Cp(m, 2\pi t)| \leq 0.5m^{-1},$$

$$|\sin(2\pi t) - Sp(m, 2\pi t)| \leq 0.5m^{-1}.$$

Тоді інтеграл I_1 замінюється інтегралом

$$\tilde{I}_1 = \iint_{D_1} f(x(t, v), y(t, v)) \cdot (Cp(m, 2\pi t) - iSp(m, 2\pi t)) \cdot |J| \cdot dt dv.$$

Аналогічно інтеграли I_2, I_3 замінюються інтегралами \tilde{I}_2, \tilde{I}_3 .
Тобто $F_{k,l} \approx \tilde{I}_1 + \tilde{I}_2 + \tilde{I}_3 = \tilde{I}$.

Вважаємо, що при кожному фіксованому $t = t_\mu$ інтеграли по змінній v є проєкціями.

$$\gamma_\mu = \int_{-\frac{l_\mu}{k}}^{\frac{l_\mu}{k}} f(x(t_\mu, v), y(t_\mu, v)) dv, \quad \mu = \overline{1, Q}.$$

Аналогічно для інших інтегралів \tilde{I}_2, \tilde{I}_3 .

Вважаємо, що загальна кількість проєкцій, які надходять з комп'ютерного томографа дорівнює Q . Це означає, що вони є інтегралами вздовж прямих $kx + ly = t_\mu = (\mu - 0.5)h_{k,l}$, $h_{k,l} = \frac{k+l}{Q}$, $\mu = \overline{1, Q}$.

Обчислюємо \tilde{I} за формулою центральних прямокутників за змінною t . Позначимо отриманий інтеграл через

$$I_{k,l}^* = \sum_{\mu=1}^Q \left[Cp(m, 2\pi t_\mu) - iSp(m, 2\pi t_\mu) \right] \gamma_\mu |h_{k,l}| |J|.$$

При цьому виникає похибка $|\tilde{I} - I_{k,l}^*| = \varepsilon_1 = O(h_{k,l}^r)$, $r = 1, 2$.

3. Співвідношення між порядком N сум Фур'є диференціальних функцій та кількістю Q проєкцій, необхідних для забезпечення потрібної точності.

Отже, загальна похибка, яка виникає при заміні $F_{k,l}$ числом $I_{k,l}^*$ визначається наступною нерівністю

$$\left| F_{k,l} - I_{k,l}^* \right| = \left| (F_{k,l} - \tilde{I}) + (\tilde{I} - I_{k,l}^*) \right| \leq 0.5m^{-1} + \varepsilon_1.$$

Використаємо наступну оцінку для похибки наближення функції [4]

$$f(x, y) \in C^r(D), r \geq 1, D = [0, 1]^2 :$$

$$\max_{(x,y) \in D} |f(x, y) - S_N f(x, y)| = O(N^{-r}).$$

Теорема. Між величинами m , Q та N справедливе співвідношення $N^{-r} = 0.5m^{-1} + \max_{-N \leq k, l \leq N} h_{k,l} \frac{M_2}{24}$.

Новизна даної розробки полягає у виборі порядку N суми Фур'є у залежності від кількості Q проєкцій для обчислення коефіцієнтів Фур'є $F_{k,l}$.

Список використаних джерел

1. Литвин О. М. Періодичні сплайни і новий метод розв'язання плоскої задачі рентгеновської комп'ютерної томографії / Литвин О. М. / Системний аналіз, управління і інформаційні технології: Вісник Харківського держ. політех. ун-ту. Збірка наукових праць. Вип. 125. – Харків : ХДПУ, 2000. – С. 27–35.
2. Литвин О. М. Математичне моделювання в комп'ютерній томографії з використанням вейвлетів / Литвин О. М., Кулик С. І. / Проблеми машинобудування. – 2008. – Т. 11, № 2. – С. 56–65.
3. Литвин О. М. Реконструкція зображень з використанням скінченних сум Фур'є та Фейєра / О. М. Литвин, О. Г. Литвин // Інформатика та системні науки (ІСН-2016): матеріали VII Всеукраїнської науково-практичної конференції за міжнародною участю, (м. Полтава, 10–12 берез. 2016 р.). – Полтава : ПУЕТ, 2016.
4. Корн Г. Справочник по математике / Корн Г., Корн Т. – Москва : Наука, 1970. – 720 с.

ЗАСТОСУВАННЯ УЗАГАЛЬНЕНОЇ ІНТЕРСТРІПАЦІЇ ФУНКЦІЙ ДВОХ ЗМІННИХ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ЗОБРАЖЕННЯ ПОВЕРХНІ

О. М. Литвин, д. ф.-м. н., професор;

О. В. Славик, аспірант

Українська інженерно-педагогічна академія

academ_mail@ukr.net

В даній роботі розглядається узагальнений метод інтерстріпації відновлення зображення поверхні за неповною інформацією про неї та порівняння із методом інтерлінації.

Lytvyn O. M., Slavik O. V. Application of generalized method of interstripation of functions of two variables for restoration of surface image. In given work is discussed generalized method of interstripation of restoration surface image with incomplete information about it and comparison with interlination.

Ключові слова: ІНЕРСТРІПАЦІЯ, ІНТЕРЛІНАЦІЯ, ВІДНОВЛЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ.

Keywords: INTERSTRIPATION, INTERLINATION, INPAINTING.

Розглянемо задачу відновлення пошкодженого зображення деякої поверхні Σ . Вважаємо, що зображення поверхні відоме лише на системі m ($m \geq 2$) смуг, розташованих під довільним кутом вигляду:

$$D_k^* = \{(x, y) : \omega_{1,k}(x, y) \leq x, y \leq \omega_{2,k}(x, y)\}, \quad k = \overline{1, m},$$

де $\omega_{1,k}(x, y) = \alpha_{1,k}x + \beta_{1,k}y - \gamma_{1,k}$ та $\omega_{2,k}(x, y) = \alpha_{2,k}x + \beta_{2,k}y - \gamma_{2,k}$ – деякі прямі, якими обмежена смуга. Причому $\alpha_{1,k}^2 + \beta_{1,k}^2 = \alpha_{2,k}^2 + \beta_{2,k}^2 = 1$, $k = \overline{1, m}$.

Поверхня $\sum: z = f(x, y)$, $f(x, y) = C^{N,N}(R^2)$, яку ми хочемо відновити, вважається відомою лише на вказаних смугах, тобто

$$f(x, y)|_{D_k^*} = f_k(x, y), \quad (x, y) \in D_k^*, \quad k = \overline{1, m}.$$

Наведемо алгоритм відновлення зображення поверхні, інформація про яку відома лише на системі перетинних смуг, розташованих під довільним кутом.

1. На кожній із смуг шукаються розриви першого роду від функції, що описує поверхню. Для цього можна скористатися методами, наведеними у [1, 2]. В результаті проведення такої операції отримуємо набір сегментів $S_i, i = \overline{1, n}$ зображення на кожній із смуг.

2. Наближуємо границі $\partial S_i = \omega_i(x, y) \leq 0, i = \overline{1, n}$ отриманих сегментів за допомогою поліномів k -го степеня ($k \geq 2$), використовуючи точки розриву відповідного сегменту.

3. Шукаємо продовження кожного сегменту на іншій смузі. Для цього шукаємо точки перетину отриманих границі сегментів в невідомій області. При цьому якщо такі точки перетину є, то вважаємо, що обидві границі належать одному сегменту і цей сегмент розташовується та декількох смугах одночасно. Якщо таких точок немає, то вважається, що сегмент розташований тільки на одній смузі і його межі не перетинають жодну іншу смугу. Цей процес автоматичний об'єднання сегментів можна замінити штучним об'єднанням сегментів за допомогою ручного їх задання.

4. Застосовуємо оператор інтерстріпації для відновлення зображення поверхні [3, 4] для кожного із сегментів $S_i, i = \overline{1, n}$, який перетинає смуги p та $r, p, r = \overline{1, m}$:

$$A_{p,r}^* f(x, y) = \frac{\rho_r(x, y)}{P(x, y)} f(x_p^*(x, y), y_p^*(x, y)) + \\ + \frac{\rho_p(x, y)}{P(x, y)} f(x_r^*(x, y), y_r^*(x, y)),$$

де

$$P(x, y) = \sum_{k=1}^m \rho_k(x, y); \quad \rho_k(x, y) = \sqrt{(x_k^*(x, y) - x)^2 + (y_k^*(x, y) - y)^2}; \\ x_k^*(x, y) = \left| \begin{array}{cc} \gamma_k & \beta_k \\ \alpha_k y - \beta_k x & \alpha_k \end{array} \right| / \Delta_k; \quad y_k^*(x, y) = \left| \begin{array}{cc} \alpha_k & \gamma_k \\ -\beta_k & \alpha_k y - \beta_k x \end{array} \right| / \Delta_k; \\ \Delta_k = \left| \begin{array}{cc} \alpha_k & \beta_k \\ -\beta_k & \alpha_k \end{array} \right|.$$

Нижче наведено результати відновлення пошкоджених зображень за допомогою інтерлінації (а) та за допомогою узагальненої інтерстріпації (б).



а)



б)

Список використаних джерел

1. Shrivakshan, G. & Chandrasekar, C. (2012). A Comparison of various Edge Detection Techniques used in Image Processing. International Journal of Computer Science Issues. Vol. 9. – P. 269–276.
2. Литвин О. М. Дослідження ліній розриву функцій двох змінних або їх похідних деякого порядку / О. М. Литвин, О. В. Славик / Проблеми машинобудування. – 2016. – № 1. – С. 37–43.
3. Литвин О. М. Методи обчислень. Додаткові розділи / Литвин О. М. – Київ : Наукова думка, 2005. – 344 с.
4. Литвин О. М. Інтерлінація функцій та деякі її застосування / Литвин О. М. – Харків : Основа, 2002. – 544 с.

УДК 519.6

АЛГОРИТМ ПОБУДОВИ СПЛАЙНІВ П'ЯТОГО СТЕПЕНЯ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ БІГАРМОНІЧНОЇ ЗАДАЧІ ДЛЯ ЖОРСТКО ЗАЩЕМЛЕНОЇ ПЛАСТИНИ

О. М. Литвин, д. ф.-м. н., професор
Українська інженерно-педагогічна академія
academ_mail@ukr.net

І. С. Томанова, магістр, аспірант
Українська інженерно-педагогічна академія
tomanova.iryua@gmail.com

В даній роботі наведений загальний алгоритм для побудови сплайнів 5-го степеня для розв'язання бігармонічної задачі для жорстко защемленої пластини на області, яка обмежена багатокутником.

Lytvyn O. M., Tomanova I. S In this work the general algorithm for constructing spline of the 5th degree for solving biharmonic problems for clamped plate is presented on area which is limited by a polygon.

Ключові слова: СПЛАЙНИ П'ЯТОГО СТЕПЕНЯ, БІГАРМОНІЧНА ЗАДАЧА, РІВНОМІРНО РОЗПОДІЛЕНЕ НАВАНТАЖЕННЯ.

Keywords: SPLINES OF THE FIFTH DEGREE, BIHARMONIC PROBLEM, UNIFORMLY DISTRIBUTED LOAD.

Наведемо загальний алгоритм побудови сплайнів 5-го степеня для розв'язання бігармонічної задачі жорстко защемленої пластини на області G .

1. Область G розбиваємо прямими на під області. Далі кожна з цих під областей розбивається на трикутники однією із діагоналей. Отримані трикутники задаються набором з трьох точок вигляду (x_i, y_i) , $i = \overline{1, m}$, які є вершинами трикутників на які розбивається область G .

Трикутник $T = T_{ijk}$ $i, j, k \in \{1, 2, \dots, m\}$, $i \neq j \neq k$.

В результаті такого розбиття задана область G буде розбита на N трикутників.

2. Вводимо лінійну нумерацію невідомих параметрів, які відповідають функціям базисних поліномів 5-го степеня $h_{0,0}, h_{1,0}, h_{0,1}, h_{2,0}, h_{1,1}, h_{0,2}$ відповідно, для кожної з вершин трикутників. Причому для вершин трикутників, які знаходяться на границі області G задля задоволення граничних умов задачі відповідні константи покладаються рівними нулю.

3. Продовжуємо лінійну нумерацію для невідомих параметрів, які відповідають функціям базисних поліномів 5-го степеня при нормалях до середин сторін трикутників. Згідно з граничною умовою, якщо точка $M_{ij} \in \partial G$, то константу в цій точці покладемо рівній нулю.

В результаті пунктів 2 та 3 отримаємо набір з K невідомих параметрів.

4. Записуємо кусково-поліноміальну функцію, яка на кожному із трикутників розбиття матиме наступний вигляд:

$$S_5^{ijk}(x, y) = w(x, y) + \sum_{(i,j) \in Q}^3 \left(c_{ij} - \frac{\partial w}{\partial v_{ij}} \right) \Big|_{M_{ij}} \cdot H_{i,j}(x, y), \quad (1)$$

де $w(x, y) = \sum_{i=0}^3 \sum_{0 \leq |\beta| \leq 2} c_{i,\beta} \cdot h_{i,\beta}(x, y)$, $c_{i,\beta}$ – невідомі параметри, що відповідають функціям $h_{i,\beta}$, $c_{i,j}$ – невідомі параметри, що відповідають нормалям до середини сторони трикутника із вершинами i та j .

5. Використовуємо отримані сплайни для знаходження інтегралів вигляду:

$$I_k = \int_{T_k} \left(\left(\frac{\partial S_k(x, y)}{\partial x^2} \right)^2 + 2 \left(\frac{\partial S_k(x, y)}{\partial x \partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial S_k(x, y)}{\partial y^2} \right)^2 - 2f(x, y) S_k(x, y) \right) dx dy.$$

6. Запишемо функціонал $I = I(c)$ вигляду:

$$I = \sum_{k=1}^N I_k.$$

7. Мінімізуємо отриманий функціонал I за змінними c . За допомогою необхідної умови екстремуму, знаходимо оптимальні значення констант, розв'язавши наступну систему рівнянь:

$$\frac{\partial I}{\partial c_i} = 0, \quad i = \overline{1, K}.$$

8. Підставляємо отримані значення у формулу (1) і отримуємо наближений розв'язок бігармонічного рівняння для жорстко защемленої пластини на заданій області G .

Список використаних джерел

1. Явные формулы для интерполяционных сплайнов 5-й степени на треугольнике / Сергиенко И. В., Литвин О. Н., Литвин О. О., Денисова О. И. // Кибернетика и системный анализ. – 2014. – Т. 50, № 5. – С. 17–33
2. Zlamal M. Matematical aspect of the finite element method / M. Zlamal, A. Zenesek, V. Kolar, J. Kratochvil // Technical physical and mathematical principles of the finite element method. – 1971. – P. 15–39.
3. Марчук Г. И. Методы вычислительной математики / Марчук Г. И. – Москва : Наука, 1977. – 456 с.

ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКУ ФІНАНСУВАННЯ СТАРТАП ПРОЕКТІВ

М. М. Маляр, к. т. н., доцент

malyarmm@gmail.com

В. В. Поліщук, к. т. н.

volodymyr.polishchuk@uzhnu.edu.ua

М. М. Шаркаді, к. е. н.

marianna.sharkadi@uzhnu.edu.ua

Ужгородський національний університет

В статті розглядається модель оцінювання ризику стартап проектів, відносно рівня безпеки їх фінансування на основі нечіткої математики.

Malyar N. N., Polishchuk V. V., Sharkadi M. N. Risk assessment projects startup financing. In the article the risk assessment model startup projects regarding the security of their funding based on fuzzy math.

Ключові слова: СТАРТАП ПРОЕКТИ, РИЗИКИ, БЕЗПЕКА ФІНАНСУВАННЯ.

Keywords: STARTUP PROJECTS, RISKS, SECURITY FINANCING.

Фінансування стартап проектів – це ризикова діяльність. Існують різні варіанти такого фінансування: бізнес ангели, венчурні та інвестиційні фонди, банківські установи. Кожна із даних установ має власну політику керування ризиками. Але всіх їх об'єднує одне: знайти і профінансувати успішний проект при мінімальних ризиках.

З ризиком тісно пов'язується поняття економічної безпеки проекту, причому як безпека суб'єкта, що представляє проект, так і безпека інвестора. Безпека суб'єкта полягає у тому, що ризиковий і неуспішний проект призведе до збитків підприємства. Безпека інвестора прямо залежить від адекватної оцінки проекту і суб'єкта, що представляє проект. Підвищення безпеки інвестиційних проектів забезпечує стійкість регіональної економіки [1].

Актуальною є задача побудови математичної моделі інформаційної технології оцінювання ризику стартап проектів відносно рівня безпеки їх фінансування, з використанням нечіткої ма-

тематики, для різних інвестиційних суб'єктів (інвестиційні фонди, венчурні фонди, бізнес-ангели, банківські установи та ін.).

Сформулюємо задачу оцінювання наступним чином. Нехай маємо на вході стартап проекти різної перспективності та безпеки реалізації S_1, S_2, \dots, S_l , для яких потрібно оцінити їх ризик відносно рівня безпеки фінансування. Модель задачі представимо у наступному вигляді:

$$SI = O(O_S, O_G, O_R), \quad (1)$$

де O_S – оцінка стартап проекту;

O_G – оцінка галузі економіки в якій буде реалізований проект;

O_R – агрегована оцінка ризику реалізації проекту;

SI – вихідна оцінка та лінгвістичне трактування ризику відносно рівня безпеки фінансування проекту;

O – оператор, що ставить у відповідність вихідну змінну SI , при входних оцінках O_S, O_G, O_R .

Стартап проекти виникають у компаніях бізнес яких ґрунтується на інноваційних технологіях, що не вийшли на ринок і мають потребу у залученні зовнішніх ресурсів. Для отримання оцінки O_S використовуємо модель оцінювання стартапів в умовах інформаційної невизначеності [2]. Розроблена модель зменшує суб'єктивізм експертних оцінок, показує місце стартапу серед інших, дозволяє встановити рівень його успішності.

Оцінку галузі економіки в якій буде реалізований комерційний проект – O_G , можемо отримати розробленим методом ранжування альтернативних варіантів довільної природи [3]. Запропонований метод дозволяє адекватно розв'язати таку складну задачу, як оцінювання перспективності функціонування галузі економіки для можливості капіталовкладень.

Для отримання агрегованої оцінки ризику реалізації проекту O_R необхідно вирішити такі завдання:

- сформувати множину критеріїв для оцінювання проектних ризиків та класифікувати їх по групам;

- сформулювати правила належності результуючої терм-оцінки за групами критеріїв ризику для побудови бази знань;

- на основі запропонованих критеріїв розробити дворівневу нечітку математичну модель отримання агрегованої оцінки ризику проекту.

Застосування технології оцінювання ризику стартап проектів, відносно рівня безпеки їх фінансування на основі нечіткої математичної моделі, дасть можливість адекватно підійти до розгляду проектів, підвищити ступінь обґрунтованості прийняття рішень щодо інвестування і основне підвищити економічну та управлінську безпеку.

Список використаних джерел

1. Kelemen M. Problems of Protected Interests in the Security Sectors / M. Kelemen // Warsaw: Wydawnictwo Wyższej szkoły menedżerskiej w Warszawie im. Prof. Leszka J. Krzyżanowskiego, 2015. – 114 p. ISBN 978-83-7520-203-8.
2. Malyar M. Model of start-ups assessment under conditions of information uncertainty / M. Malyar, V. Polishchuk, M. Sharkadi, I. Liakh // EEJET, Mathematics and cybernetics – applied aspects, 2016. – 3/4 (81). – P. 43–49. ISSN 1729-3774. DOI: <http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2016.71222>.
3. Malyar M. Ranking method of alternative options of inhomogeneous nature / M. Malyar, V. Polishchuk // Košická bezpečnostná revue, Košice, 2016. – 1/2016/ – P. 60–67. ISSN 1338-4880.

УДК 330.34

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ПОСЛІДОВНОГО ВВЕДЕННЯ ОБМЕЖЕНЬ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧІ ПЛАНУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА

М. Я. Марко, пошукувач

Львівський національний університет імені Івана Франка
mariiamarko@gmail.com

Г. Г. Цегелик, д. ф.-м. н., професор

Львівський національний університет імені Івана Франка
kafmmsep@lnu.edu.ua

В статті запропоновано використання методу послідовних введення обмежень для розв'язання задачі планування виробництва. Наводиться алгоритм розв'язування задачі в загальному випадку і його використання для розв'язування конкретного прикладу.

Marko M. J., Tsegelik G. G. Using method of sequential restrictions for solving problem of production planning. In the article we demonstrate the use of the method of sequential restrictions for solving problem of production planning. We also present an algorithm for solving this problem in general and in special example.

Ключові слова: МЕТОД ПОСЛІДОВНОГО ВВЕДЕННЯ ОБМЕЖЕНЬ.

Keywords: SEQUENTIAL METHOD RESTRICTIONS.

Нехай нам треба розв'язати задачу

$$L = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n \rightarrow \max,$$

$$R = b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n \rightarrow \min$$

на множині альтернатив X , де L – загальний прибуток від виробництва продукції, R – загальні витрати на виробництво продукції, a_i ($i=1,2,\dots,n$) – прибуток від виробництва одиниці i -ї продукції, b_j ($j=1,2,\dots,n$) – витрати на виробництво одиниці j -ї продукції, x_i ($i=1,2,\dots,n$) – кількість одиниць продукції, що планується виготовлятися (шукані величини).

В [1–3] приводиться метод послідовного введення обмежень для розв'язування багатокритеріальних задач. Для цього спочатку обчислюються оптимальні значення кожного критерію і на основі побудованої спеціально матриці визначають вагові коефіцієнти критеріїв. Після цього розв'язують Допоміжну задачу, враховуючи знайдені вагові коефіцієнти критеріїв.

У нашому випадку мова йде про розв'язування двокритеріальної задачі. Тому не обов'язково знаходити оптимальні значення обох критеріїв, тобто можна обійтись без обчислення вагових коефіцієнтів критеріїв. Для розв'язання поставленої задачі досить знайти оптимальне значення одного з критеріїв. Оптимальний план розв'язаної задачі дасть певне значення другого критерію. Якщо при оптимальному плані однієї з задач значення другого критерію нас задовольняє, то на цьому завершується процес розв'язування поставленої задачі. У протилежному випадку треба ввести обмеження на значення критерію розв'язаної задачі і розв'язати цю задачу з введенням обмеження.

Приклад. Розв'язати задачу

$$L = 5x_1 + 8x_2 + 3x_3 \rightarrow \max, \quad R = 3x_1 + 2x_2 + 4x_3 \rightarrow \min$$

за умов

$$\begin{cases} 5x_1 + 6x_2 + 3x_3 \leq 100, \\ x_1 + 2x_2 + 4x_3 \leq 30, \end{cases} \quad (1)$$

$$x_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3. \quad (2)$$

Розв'язання. Спочатку симплексним методом розв'яжемо задачу

$$L = 5x_1 + 8x_2 + 3x_3 \rightarrow \max$$

за умов (1), (2).

Процес розв'язування цієї задачі наведений в табл. 1.

Таблиця 1

<i>i</i>	<i>B</i>	<i>c</i>	<i>P</i> ₀	5	8	3	0	0
				<i>P</i> ₁	<i>P</i> ₂	<i>P</i> ₃	<i>P</i> ₄	<i>P</i> ₅
1	<i>P</i> ₄	0	100	5	6	3	1	0
2	<i>P</i> ₅	0	30	1	2	4	0	1
3			0	−5	−8	−3	0	0
1	<i>P</i> ₄	0	10	2	0	−9	1	−3
2	<i>P</i> ₃	8	15	0.5	1	2	0	0.5
3			120	−1	0	13	0	4
1	<i>P</i> ₁	5	5	1	0	−4.5	0.5	−1.5
2	<i>P</i> ₂	8	12.5	0	1	4.25	−0.25	1.25
3			125	0	0	8.5	0.5	2.5

Як бачимо з табл. 1, $X_{on} = (5; 12.5)$, $L_{on} = 125$. При $X = (5; 12.5)$ $R = 40$. Припустимо, що витрати ми хочемо трохи зменшити. Для цього введемо обмеження на прибуток $5x_1 + 8x_2 + 3x_3 \leq 121$ і розв'яжемо задачу

$$L = 5x_1 + 8x_2 + 3x_3 \rightarrow \max$$

за умов (1), (2).

Процес розв'язування цієї задачі наведений в табл. 2.

Таблиця 2

<i>i</i>	<i>B</i>	<i>c</i>	<i>P</i> ₀	5	8	3	0	0	0
				<i>P</i> ₁	<i>P</i> ₂	<i>P</i> ₃	<i>P</i> ₄	<i>P</i> ₅	<i>P</i> ₆
1	<i>P</i> ₄	0	100	5	6	3	1	0	0
2	<i>P</i> ₅	0	30	1	2	4	0	1	0
3	<i>P</i> ₆	0	121	5	8	3	0	0	1
4			0	−5	−8	−3	0	0	0

<i>i</i>	<i>B</i>	<i>c</i>	<i>P</i> ₀	5	8	3	0	0	0
				<i>P</i> ₁	<i>P</i> ₂	<i>P</i> ₃	<i>P</i> ₄	<i>P</i> ₅	<i>P</i> ₆
1	<i>P</i> ₄	0	10	2	0	-9	1	-3	0
2	<i>P</i> ₂	8	15	0.5	1	2	0	0.5	0
3	<i>P</i> ₆	0	1	1	0	-13	0	-4	1
4			120	-1	0	13	0	4	0
1	<i>P</i> ₄	0	8	0	0	-2.5	1	5	-2
2	<i>P</i> ₂	8	14.5	0	1	8.5	0	2.5	0.5
3	<i>P</i> ₁	5	1	1	0	-13	0	-4	1
4			121	0	0	0	0	0	1

Як бачимо з табл. 2, $L_{on}=121$, $X_{on}=(1;14.5)$. При цьому $R=32$. Вважаємо, що цей розв'язок нас задовольняє.

Отже, скоротивши прибуток на чотири одиниці, витрати скоротились на вісім одиниць.

Список використаних джерел

1. Волошин О. Ф. Моделі та методи прийняття рішень : навч. посіб. / Волошин О. Ф., Машенко С. Д. – Київ, 2010.
2. Ларичев О. И. Теория и методы принятия решений / Ларичев О. И. – Москва, 2000.
3. Цегелик Г. Г. Моделі та методи підтримки прийняття рішень в умовах визначеності : текст лекцій / Цегелик Г. Г. – Львів, 2016.

УДК 004.4'2

ПРОГРАМУВАННЯ НАВЧАЛЬНОГО ТРЕНАЖЕРА З ТЕМИ «ПЕРЕСТАВНІ МНОГОГРАННИКИ» ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАЛЬНОГО КУРСУ «ЕЛЕМЕНТИ КОМБІНАТОРНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ»

Д. А. Марченко, магістр спеціальності «Соціальна інформатика»
Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі»

dima-marchean@ukr.net

О. О. Ємець, д. ф.-м. н., професор

yemetsli@ukr.net

Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі»

Запропоновано програмну реалізацію тренажера з побудови переставного многогранника для дисципліни «Елементи комбінаторної оптимізації».

Marchenko D. A., Iemets O. O. Programming of the simulator on «Permutation polyhedron» for the distance learning course «Elements of combinatorial optimization». A software implementation of the simulator to construct permutation polyhedron for the discipline «Elements of combinatorial optimization» is proposed.

Ключові слова: ТРЕНАЖЕР, МНОГОГРАННИК ПЕРЕСТАВЛЕНЬ, ПОБУДОВА МНОГОГРАННИКА.

Keywords: SIMULATOR, PERMUTATION POLYHEDRON, CONSTRUCTION POLYHEDRAL.

Основною метою є програмна реалізація тренажера з теми «Переставні многогранники» дистанційного навчального курсу «Елементи комбінаторної оптимізації».

Тренажер повинен бути розроблений у вигляді Java-аплету для полегшення його розміщення на сайт дистанційного навчання.

Тренажер робиться на прикладі побудови переставного многогранника за умов: задана множина $G = \{0, 1, 2\}$, параметри $k = n = 3$. Побудувати переставний многогранник для перестановок цієї множини.

Програма-тренажер повинна містити:

- стартову сторінку;
- сторінки з завданнями;
- довідкову інформацію;
- результат проходження тренажера.

Реалізувати такі функції:

- перехід від стартової сторінки до сторінок з завданнями;
- перехід до наступного питання;
- перевірка вибраної відповіді на питання;
- виведення повідомлення про помилку, якщо відповідь невірна;
- запис кроку, на якому була зроблена помилка;
- підрахунок результатів проходження тренажера.

Кнопка для переходу до наступного питання повинна бути неактивною доти, поки не вибрана будь-яка відповідь. Повідомлення про помилку мають виводитися в діалоговому вікні.

Якщо відповідь на питання представлена у вигляді формули, то при натисненні на цю формулу повинен вибиратися відповідний перемикач.

При програмній реалізації тренажера були створені функції:

- nextPanel(String t) – використовується для переходу від стартової сторінки до виведення питань та варіантів відповідей;
- nextStep() – використовується для переходу між кроками алгоритму;
- correctAnswer() – використовується для перевірки вибраної відповіді.

При натисненні кнопки «Розпочати» відбувається подія « `jButton1ActionPerformed`», що викликає функцію «nextPanel».

Для того, щоб при натисненні на картинку вибирався відповідний перемикач, використовуються наступні події:

- «`jLabel25MouseClicked`»;
- «`jLabel26MouseClicked`»;
- «`jLabel27MouseClicked`»;
- «`jLabel28MouseClicked`».

Для того, щоб кнопка для переходу до наступного питання стала активною, використовуються події «`quest1ActionPerformed`» та «`radiobuttonStateChanged`».

В програмі реалізовано перехід по кроках, виведення повідомлення про помилку при невірній відповіді на питання. При завершенні роботи тренажера виводиться повідомлення. Якщо були зроблені помилки, то виводиться перелік кроків з невірними відповідями. При великій кількості допущених помилок пропонується повторно ознайомитися з даним матеріалом.

Повідомлення про помилку є діалоговим вікном, що викликається за допомогою події «`JOptionPane.showMessageDialog`». Зміст повідомлення вибирається з масиву «`String[] error`» згідно поточного кроку алгоритму.

В доповіді викладено результати програмування навчального тренажера з теми «Переставні многогранники» дистанційного навчального курсу «Елементи комбінаторної оптимізації».

Список використаних джерел

1. Ємець О. О. Елементи комбінаторної оптимізації : навч.-метод. посіб. / О. О. Ємець. – Полтава : ПУЕТ, 2009. – 23 с. – Режим доступу: http://elib.puet.edu.ua/action.php?kt_path_info=lm.web.view&fDocumentId=366363. – Назва з екрана.
2. Стоян Ю. Г. Теорія і методи евклідової комбінаторної оптимізації : монографія / Ю. Г. Стоян, О. О. Ємець. – Київ : ІСДО, 1993. – 188 с. – Режим доступу: <http://dspace.uccu.org.ua/handle/123456789/487>. – Назва з екрана.

ПОБУДОВА РОЗРИВНОГО РОЗВ'ЯЗКУ ПОЧАТКОВО-КРАЙОВИХ ЗАДАЧ ДЛЯ ПАРАБОЛО-ГІПЕРБОЛІЧНИХ СИСТЕМ

О. О. Марченко, к. ф.-м. н., с. н. с.;

Т. А. Самойленко, к. ф.-м. н.,

Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України
tkucheruk@rambler.ru

В доповіді представлено побудову наближеного розривного розв'язку початково-крайової задачі для параболо-гіперболічної системи рівнянь.

Marchenko O. O., Samoilenko T. A. Construction of discontinuous solution for initial-boundary problems for parabolic-hyperbolic systems. In the report we present construction of the discontinuous approximate solution for the initial-boundary problem for the parabolic-hyperbolic system.

Ключові слова: ПАРАБОЛО-ГІПЕРБОЛІЧНА СИСТЕМА, МЕТОД ГАЛЬОРКІНА, МСЕ.

Keywords: PARABOLIC-HYPERBOLIC SYSTEM, GALERKIN METHOD, FEM.

Розглядається початково-крайова задача для системи параболо-гіперболічних рівнянь, що описує напружено-деформований стан неоднорідної за структурою ґрунтової споруди з урахуванням змінного температурного режиму. Система має наступний вигляд

$$\begin{aligned}\tilde{\mu} \frac{\partial h}{\partial t} - \operatorname{div} (K_{\phi}(T, \theta) \operatorname{grad} h) &= 0, \\ c_T \frac{\partial T}{\partial t} - \operatorname{div} (\lambda_T \operatorname{grad} T - c_{\varepsilon} v T) &= 0,\end{aligned}\quad (1)$$

$$\rho_{cp} \frac{\partial^2 w_{ck}}{\partial t^2} - (A w_{ck})(w_{ck}) - \operatorname{grad} P = F, \quad (x, y, t) \in \Omega \times (0, \tilde{T}],$$

де $\Omega = \Omega_1 \cup \Omega_2$, h – п'єзометричний напір, T – температура, $w_{ck} = (u_{ck}, v_{ck})^T$ – вектор зміщень скелету ґрунту, $\tilde{\mu}$ – вологоєм-

ність, $K_\phi(T, \theta) = \bar{K}_\phi(T) e^{\varepsilon(\theta)}$, θ – об’ємна деформація, $v = -K_\phi \text{grad } h$, c_T , c_θ – об’ємні теплоємності середовища і води, ρ_{sp} , ρ_θ – щільність ґрунту і води відповідно, A – оператор теорії пружності, $P = \rho_\theta g(h - y)$ – тиск, $F = (0, -\rho_{sp} g)^T$.

Крайові умови – неоднорідні змішані.

Початкові умови (вважається відомою на момент часу $t = 0$ і динаміка процесу волого-, теплопереносу) для $(x, y) \in \bar{\Omega}$:

$$h(x, y, 0) = H_0(x, y), \quad T(x, y, 0) = T_0(x, y), \quad w_{ck}(x, y, 0) = W_0(x, y),$$

$$\frac{\partial h}{\partial t}(x, y, 0) = \tilde{H}_0(x, y), \quad \frac{\partial T}{\partial t}(x, y, 0) = \tilde{T}_0(x, y), \quad \frac{\partial w_{ck}}{\partial t}(x, y, 0) = 0. \quad (2)$$

Умови спряження на ділянці контакту ґрунтових пластів $\gamma = \bar{\Omega}_1 \cap \bar{\Omega}_2$ мають вигляд

$$\left\{ K_\phi(T, \theta) \frac{\partial h}{\partial x} \cos(n, x) + K_\phi(T, \theta) \frac{\partial h}{\partial y} \cos(n, y) \right\}^\pm = r_1[h], \quad (3)$$

$$\left\{ \left(\lambda_T \frac{\partial T}{\partial x} - c_\theta v_x T \right) \cos(n, x) + \left(\lambda_T \frac{\partial T}{\partial y} - c_\theta v_y T \right) \cos(n, y) \right\}^\pm = r_2[T], \quad (4)$$

$$[w_{ck, n}] = 0, \quad (5)$$

$$[\sigma_n] = 0, \quad [\tau_s] = 0, \quad \{\tau_s\}^\pm = R[w_{ck, s}], \quad (x, y, t) \in \gamma \times [0, \tilde{T}]. \quad (6)$$

Нехай Z , Z_0 – множини вектор-функцій $w(x, y, t) = (h(x, y, t), T(x, y, t), w_{ck}(x, y, t))^T = (w_1(x, y, t), w_2(x, y, t), w_3(x, y, t), w_4(x, y, t))^T$ та $z(x, y, t) = (z_1(x, y, t), z_2(x, y, t), z_3(x, y, t), z_4(x, y, t))^T$ відповідно, які задовольняють головним крайовим умовам і головній умові спряження (5) (неоднорідним в Z та відповідним одно-

рідним в Z_0) та компоненти яких і їх частинні похідні на кожній з областей Ω_i належать простору $L_2(\Omega_i)$, $i=1,2$, [1].

Узагальненим розв'язком початково-крайової задачі (1)–(6) на базі методу Гальоркіна є $w \in Z$, яка $\forall z \in Z_0$ задовольняє наступним співвідношенням

$$m(\partial^2 w / \partial t^2, z) + \bar{m}(\partial w / \partial t, z) + a(w, z) = (F, z) \quad \forall t \in (0, \tilde{T}],$$

$$(w(\cdot, \cdot, 0), z) = (w_0, z), \quad (\partial w / \partial t(\cdot, \cdot, 0), z) = (\tilde{w}_0, z) \quad \forall z \in Z_0,$$

$$m(\partial^2 w / \partial t^2, z) = \sum_{i=1}^2 \iint_{\Omega_i} \rho_{sp} \left(\frac{\partial^2 w_3}{\partial t^2} z_3 + \frac{\partial^2 w_4}{\partial t^2} z_4 \right) d\Omega_i,$$

$$\bar{m}(\partial w / \partial t, z) = \sum_{i=1}^2 \iint_{\Omega_i} \left(\tilde{\mu} \frac{\partial w_1}{\partial t} z_1 + c_T \frac{\partial w_2}{\partial t} z_2 \right) d\Omega_i,$$

$$a(w, z) = W_1(w, z) + W_2(w, z) + W_3(w, z),$$

$$W_1(w, z) = \sum_{i=1}^2 \iint_{\Omega_i} \left(K_\phi(w_2, w_3, w_4) \left(\frac{\partial w_1}{\partial x} \frac{\partial z_1}{\partial x} + \frac{\partial w_1}{\partial y} \frac{\partial z_1}{\partial y} \right) + \lambda_T \left(\frac{\partial w_2}{\partial x} \frac{\partial z_2}{\partial x} + \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{\partial w_2}{\partial y} \frac{\partial z_2}{\partial y} \right) \right) d\Omega_i + r_1 \int_{\gamma} [w_1][z_1] d\gamma + r_2 \int_{\gamma} [w_2][z_2] d\gamma,$$

$$W_2(w, z) = \sum_{i=1}^2 \iint_{\Omega_i} \left((\lambda + 2\mu) \left(\frac{\partial w_3}{\partial x} \frac{\partial z_3}{\partial x} + \frac{\partial w_4}{\partial y} \frac{\partial z_4}{\partial y} \right) + \lambda \left(\frac{\partial w_3}{\partial y} \frac{\partial z_3}{\partial x} + \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{\partial w_4}{\partial x} \frac{\partial z_3}{\partial y} \right) + \mu \left(\frac{\partial w_3}{\partial y} + \frac{\partial w_4}{\partial x} \right) \left(\frac{\partial z_3}{\partial y} + \frac{\partial z_4}{\partial x} \right) \right) d\Omega_i + R \int_{\gamma} [w_{34,s}][z_{34,s}] d\gamma,$$

$$W_3(w, z) = \sum_{i=1}^2 \iint_{\Omega_i} \left(c_\theta K_\phi(w_2, w_3, w_4) w_2 \left(\frac{\partial w_1}{\partial x} \frac{\partial z_2}{\partial x} + \frac{\partial w_1}{\partial y} \frac{\partial z_2}{\partial y} \right) + \right.$$

$$+ \rho_e g (w_1 - y) \left(\frac{\partial z_3}{\partial x} + \frac{\partial z_4}{\partial y} \right) d\Omega_i, \quad (F, z) = - \sum_{i=1}^2 \iint_{\Omega_i} \rho_{ep} g z_4 d\Omega_i,$$

$$w_0 = (H_0, T_0, U_0, V_0)^T, \quad \tilde{w}_0 = (\tilde{H}_0, \tilde{T}_0, 0, 0)^T.$$

Пропонується наближений розв'язок даної задачі Коші шукати МСЕ за допомогою схеми Кранка-Ніколсона [1].

У доповіді розглянуто квазілінійну параболо-гіперболичну модель динаміки шаруватого за структурою ґрунтового масиву з урахуванням процесів волого-, теплопереносу, запропоновано алгоритм її розв'язання.

Список використаних джерел

1. Марченко О. А. Исследование приближенного решения квазилинейной параболо-гиперболической задачи / О. А. Марченко, Т. А. Самойленко // Кибернетика и системный анализ. – 2012. – № 5. – С. 142–154.

УДК 004.942

МЕТОД РЕШЕНИЯ НЕЛИНЕЙНОЙ ЗАДАЧИ РАСЧЕТА КОНСТРУКТОРСКИХ РАЗМЕРНЫХ СЕТЕЙ В УСЛОВИЯХ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ АПРИОРНОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Е. С. Меньяйлов, ассистент

Национальный аэрокосмический университет имени Н. Е. Жуковского «ХАИ»

evgenii.menyailov@mail.ru

А. В. Старцева, студент

Национальный аэрокосмический университет имени Н. Е. Жуковского «ХАИ»

pancy95.super@mail.ru

А. В. Безлюбченко, студент

Национальный аэрокосмический университет имени Н. Е. Жуковского «ХАИ»

artem.wide@gmail.com

Рассматривается математическая модель и методы решения многокритериальных задач стохастической оптимизации со смешанными условиями (МЗСОСУ). Предложен эффективный меметический алгоритм синтеза решений МЗСОСУ.

Meniailov I. S., Startseva A. V., Bezlyubchenko A. V. Mathematical model and solution methods of stochastic optimization multi-objective problems with mixed conditions are considered. The efficient memetic algorithm of these problems solutions synthesis is proposed.

Ключевые слова: МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, СТОХАСТИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ.

Keywords: MATHEMATICAL MODELING, STOCHASTIC OPTIMIZATION, NUMERICAL METHOD.

На современном этапе развития промышленных и информационных технологий все большее значение приобретает необходимость непрерывного совершенствования характеристик производимой продукции независимо от вида продукции и размеров выпущенной партии с применением систем поддержки принятия решений. На каждом из этапов перед проектировщиками ставятся задачи формирования множества моделей (обликов) системы, среди которых для реализации на следующем этапе может быть выбран один вариант или два, если необходимо дополнительно предусмотреть резервный вариант системы. Проектирование сложных технических систем обычно включает в себя этап решения задач многокритериальной параметрической оптимизации.

При серийном производстве требуется учитывать согласованное множество простых параметров элементов систем, являющихся основой для формирования технологических процессов их изготовления. Качество расчетов в этой области непосредственно отражается на качестве изготовления и функционирования элементов и систем в целом. Схема назначения технологических допусков на изготовление элементов систем представлена на рисунке.

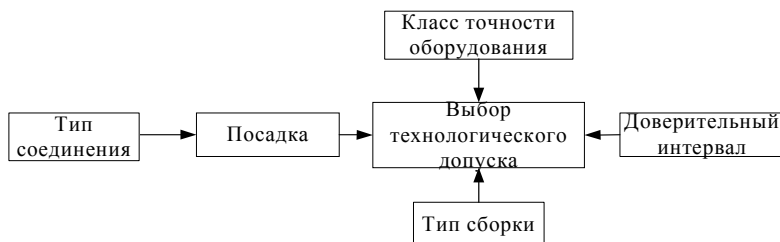


Рисунок – Схема назначение допусков

Выбор технологических допусков на изготовления элементов систем осуществляется исходя из заданных доверительных интервалов значений простых параметров с учетом типа соединения, посадки, класса точности технологического оборудования, типа сборки. В свою очередь доверительные интервалы значений простых параметров формируются как результаты расчетов конструкторских размерных цепей.

Будем рассматривать прямую задачу расчета конструкторских размерных цепей: необходимо определить номинальные значения (математические ожидания) и доверительные интервалы значений параметров, переменных состояния, критериев выбора решений для составляющих звеньев размерной цепи исходя из заданных номинальных значений и доверительных интервалов значений переменных состояния, критериев выбора решений для замкнутого звена.

Предложен метод синтеза скалярных сверток целевых функций для вышеперечисленных задач при априорной неопределенности данных. Получены виды скалярных сверток целевых функций для ряда практических задач этого типа, применение которых при синтезе решений с помощью регуляризирующих алгоритмов обеспечит получение робастных оценок искомых величин при априорной неопределенности данных [1]. Разработаны эволюционный и популяционный методы синтеза решений многокритериальной задачи стохастической оптимизации со смешанными условиями.

Разработанная компьютерная система «Concept_Pro_St®» ориентирована на широкий круг пользователей в областях: машиностроения, работающих над проблемами построения робастных метамоделей (формальных математических моделей в форме уравнений регрессии), робастного оптимального проектирования и диагностирования систем и процессов.

Список использованных источников

1. Ugryumova K. M. A method synthesis of selection function scalar convolutions for the multi-objective decision-making problems with a priori uncertain data / K. M. Ugryumova, S. V. Chernysh, Ie. S. Meniailov, M. L. Ugryumov // Вісник Харківського національного університету, зб. наук. праць. Сер: Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління. – 2015. – Вип. 27. – С. 172–180.

ЗАДАЧА ПРО ПОКРИТТЯ МНОЖИНАМИ: ОСОБЛИВОСТІ НАБЛИЖЕНОЇ РЕОПТИМІЗАЦІЇ

В. О. Михайлюк, д. ф.-м. н., доцент

Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки
mikhailyukvictor2@gmail.com

В статті розглядаються результати з наближеної реоптимізації задачі про покриття множинами при зміні матриці обмежень.

Mikhailyuk V. A. Set covering problem: features of approximation reoptimization. In the article results of approximation reoptimization of set covering problem over changes of constraint matrix are considered.

Ключові слова: РЕОПТИМІЗАЦІЯ, α -НАБЛИЖЕНИЙ РОЗВ'ЯЗОК, $\varphi(m)$ -НАБЛИЖЕНИЙ АСИМПТОТИЧНО ОПТИМАЛЬНИЙ АЛГОРИТМ.

Keywords: REOPTIMIZATION, α -APPROXIMATION SOLUTION, $\varphi(m)$ -APPROXIMATION ASYMPTOTICALLY OPTIMAL ALGORITHM.

Мета реоптимізації при використанні наближених методів – застосування знань про розв'язок початкового екземпляра I задачі (задачі із заданими значеннями вхідних параметрів) для досягнення кращої якості наближення (апроксимаційного відношення) розв'язання I' (змінений екземпляр).

Розглянемо задачу про покриття множинами в постановці $\Pi(A, c)$:

$$\min \left\{ f(x) = \sum_{i=1}^n c_i x_i \mid x \in Q(A) \right\}$$
$$Q(A) = \left\{ x \in B^n \mid \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq 1, i = 1, \dots, m \right\}$$

$B^n = \{0, 1\}^n$, $A = \{a_{ij}\}$, $i = 1, \dots, m$; $j = 1, \dots, n$. Введемо наступні позначення для змінених екземплярів задачі $\Pi(A, c)$. $\Pi(A_j^+, c)$

(відповідно $\Pi(A_j^-, c)$) позначає задачу $\Pi(A, c)$ із заміною в стовпці j матриці A довільного 0 на 1 (відповідно 1 на 0). Під вагою $c(S)$ розв'язку $S = \{j_1, \dots, j_k\}$ задачі $\Pi(A, c)$ будемо розуміти $c(S) = c_{j_1} + \dots + c_{j_k}$.

Означення 1. Розв'язок S' задачі $\Pi(A, c)$ будемо називати α -наближеним, якщо $c(S') \leq \alpha \cdot c(S^*)$, де S^* є оптимальним розв'язком $\Pi(A, c)$.

Означення 2. Якщо відношення апроксимації наближеного алгоритму можна подати як $\varphi(m) + o(\varphi(m))$ при $m \rightarrow \infty$, то будемо говорити, що воно асимптотично рівне $\varphi(m)$. Якщо при виконанні деяких умов не існує алгоритму з відношенням апроксимації строго меншим за $\varphi(m)$, то такий алгоритм будемо називати $\varphi(m)$ -наближеним асимптотично оптимальним алгоритмом

Теорема 1 [1]. Якщо $NP \not\subset DTIME(m^{O(\log \log m)})$, то жадібний алгоритм для задачі про покриття множинами є $\ln m$ -наближеним асимптотично оптимальним алгоритмом.

Нехай ρ -асимптотичне відношення апроксимації наближеного алгоритму розв'язування $\Pi(A, c)$, а δ -відношення апроксимації будь-якого наближеного розв'язку $\Pi(A, c)$.

Теорема 2. При $1 \leq \delta \leq \rho$ існує алгоритм реоптимізації $REOPT(\Pi(A_j^+, c))$, що є $(\delta + 1 - \delta / \rho)$ -наближеним алгоритмом.

Теорема 3. Якщо $NP \not\subset DTIME(m^{O(\log \log m)})$ при $1 \leq \delta \leq \ln m$, існує $REOPT(\Pi(A_j^+, 1))$, що є $(\delta + 1 - \delta / \ln m)$ -наближеним асимптотично оптимальним алгоритмом.

Теорема 2, 3 мають місце і для $\Pi(A_j^-, c)$, $\Pi(A_j^-, 1)$.

Алгоритми, запропоновані при доведенні теорем 2, 3, можуть бути використані при проведенні реоптимізації задачі про

покриття з кращою якістю наближення ніж жадібний алгоритм при відповідних значеннях δ, ρ .

Список використаних джерел

1. Михайлюк В. О. Постоптимальний аналіз та наближені алгоритми реоптимізації для задач дискретного програмування / В. О. Михайлюк, І. В. Сергієнко. – Київ : Наукова думка, 2015. – 248 с.

УДК 519.8

ЗАДАЧА ОПТИМІЗАЦІЇ НА НЕЧІТКІЙ МНОЖИНІ ТИПУ 2

В. І. Моренець, аспірант

Київський національний університет імені Тараса Шевченка
v.i.morenets@gmail.com

Доповідь присвячена розв'язанню задачі максимізації функції на нечіткій множині типу 2 (НМТ-2). Побудована функція належності НМТ-2 її «оптимальних» розв'язків.

Morenets V. I. Optimization problem on the type 2 fuzzy set. A report is devoted to the solution to the problem of maximizing the function on the type 2 fuzzy set (T2FS). The membership function of "optimal" solution T2FS is constructed.

Ключові слова: НЕЧІТКА МНОЖИНА ТИПУ 2, ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ, НЕЧІТКЕ ПРОГРАМУВАННЯ.

Keywords: TYPE 2 FUZZY SET, DECISION MAKING, FUZZY PROGRAMMING.

Нехай X – універсальна множина, а f – функція, що визначена на X , значеннями якої оцінюються результати вибору елементів множини X . У множині X задана НМТ-2 D з функцією достовірності $\mu_D : X \times [0,1] \rightarrow [0,1]$. Задача полягає у «максимізації» у деякому сенсі функції $f(x)$ на НМТ-2 D . Формалізуємо її у такому вигляді:

$$\max_{(x,y,\mu_D(x,y)) \in D} f(x). \quad (1)$$

Відповідно до [1] представимо функцію належності НМТ-2 D як нечітке відображення типу 1 $\Delta : X \times [0,1] \rightarrow [0,1]$. Тоді (1)

можна записати як задачу знаходження нечіткого відображення, яке виконує роль функцією нечіткої функції належності НМТ-2 розв'язку (1). Функція належності знайденого нечіткого відображення буде функцією достовірності НМТ-2 розв'язку (1). Ця задача буде мати вигляд

$$\max_{((x,y),\mu_D(x,y))\in\Delta} f(x). \quad (2)$$

Позначимо $Q \subseteq X \times [0,1]$ – множину оптимальних за Слейтером розв'язків трьохкритеріальної задачі

$$\mu_D(x,y) \rightarrow \max_{(x,y)},$$

$$y \rightarrow \max_{(x,y)},$$

$$f(x) \rightarrow \max_{(x,y)},$$

$$x \in X, y \in [0,1].$$

Показано, що розв'язком задачі (2) є нечітке відображення $\Delta_G : X \times [0,1] \rightarrow [0,1]$ з функцією належності

$$\mu_G(x,y) = \begin{cases} \mu_D(x,y), & (x,y) \in Q; \\ 0, & (x,y) \notin Q. \end{cases}$$

В доповіді пропонується підхід до розв'язання задачі максимізації функції на НМТ-2. Показано, що множина «оптимальних» розв'язків цієї задачі також є НМТ-2. Нечітка функція належності цієї множини задається нечітким відображенням. Побудована його функція належності. Вона названа функцією достовірності НМТ-2. Носій множини «оптимальних» розв'язків визначається як множина оптимальних за Слейтером альтернатив задачі трьохкритеріальної оптимізації. В цій задачі окрім цільової функції вихідної задачі максимізується ступінь належності НМТ-2 розв'язків, а також значення функції достовірності.

Список використаних джерел

1. Машенко С. О. Нечеткие индивидуально-оптимальные равновесия / С. О. Машенко // Кибернетика и вычислительная техника. – 2010, Вып. 159. – С. 19–29.

2. Машенко С. О. Задача математического программирования с нечетким множеством индексов ограничений / Машенко С. О. // Кибернетика и системный анализ. – 2013. – № 1. – С. 62–68.

УДК 519.6

ОЦІНКА ЗНИЗУ ДЛЯ ПОХИБКИ ЧИСЕЛЬНОГО ІНТЕГРУВАННЯ ДВОВИМІРНИХ ШВИДКООСЦИЛЮЮЧИХ ФУНКЦІЙ ЗАГАЛЬНОГО ВИДУ

О. П. Нечуйвітер, д. ф.-м. н., доцент
Українська інженерно-педагогічна академія
olesia_nechuiviter@mail.ru
К. В. Кейта, аспірант
Українська інженерно-педагогічна академія
chervonakate@mail.ru

Наводиться оцінка знизу для похибки чисельного інтегрування швидкоосцилюючих функцій загального виду на класі диференційовних функцій, що задані слідами на лініях.

Nechuiviter O. P., Keita K. V. The optimal numerical integration of two-dimensional highly oscillating functions of general view. The estimation of numerical integration of highly oscillating functions of general view has been obtained on the class of differentiable functions. Information about functions is a set of lines.

Ключові слова: КУБАТУРНА ФОРМУЛА, ІНТЕГРАЛ ВІД ШВИДКООСЦИЛЮЮЧОЇ ФУНКЦІЇ ЗАГАЛЬНОГО ВИДУ.

Keywords: CUBATURE FORMULA, INTEGRAL FROM HIGHLY OSCILLATING FUNCTION OF GENERAL VIEW.

Сучасний етап розвитку багатьох технічних галузей (астрономії, радіології, комп'ютерної томографії, голографії, радіолокації) характеризується бурхливим впровадженням нових цифрових технологій, алгоритмів, методів. Перед науковцями стає питання побудови нових або вдосконалення відомих математичних моделей, зокрема математичних моделей в цифровій обробці сигналів та зображень, які містять нові типи задання інформації.

Задача наближеного обчислення інтегралів від швидкоосцилюючих функцій двох змінних має як класичне розв'язання, так і у випадку різних інформаційних операторів [1–5]. В [1], [6]

наведені класичні алгоритми обчислення двовимірних інтегралів від швидкоосцилюючих функцій загального виду, однак не досліджувалося питання наближеного обчислення інтегралів від швидкоосцилюючих функцій двох змінних загального виду у випадку різних інформаційних операторів. Дана доповідь присвячена знаходженню оцінки знизу для похибки чисельного інтегрування інтегралів виду

$$I(f, g, \omega) = \int_0^1 \int_0^1 f(x, y) \sin \omega g(x, y) dx dy \quad (1)$$

на класі диференційовних функцій у випадку, коли інформація про $f(x, y)$ та $g(x, y)$ задана відповідними їх слідами на лініях.

Нехай $f(x, y) \in F$, $g(x, y) \in G$, F , G – множини функцій, визначених в області $[a, b] \times [a, b]$. Позначимо через L_N множину всіх квадратурних формул $l_N(f, g)$, що використовують інформацію про значення функцій $f(x, y)$ та $g(x, y)$ не більше ніж на N лініях. Введемо величини

$$R_N(f, g, \omega, l_N) = |I(f, g, \omega) - l_N(f, g)|,$$

$$R_N(F, G, \omega, l_N) = \sup_{f \in F, g \in G} R_N(f, g, \omega, l_N),$$

$$R_N(F, G, \omega) = \inf_{l_N \in L_N} R_N(F, G, \omega, l_N).$$

Розглянемо $H^{2,r}(M, \widetilde{M})$ – клас дійсних функцій $r \geq 0$ визначених на $G = [0, 1]^2$ і таких, що частинні похідні порядку r по змінній x та y обмежені, тобто $|f^{(r,0)}(x, y)| \leq M$, $|f^{(0,r)}(x, y)| \leq M$, $r \neq 0$, $|f^{(r,r)}(x, y)| \leq \widetilde{M}$, $r \geq 0$.

Теорема. Нехай $f(x, y), g(x, y) \in H^{2,r}(M, \widetilde{M})$, функції $f(x, y)$, $g(x, y)$ задані слідами на відповідних системах взаємно перпендикулярних прямих в області $G = [0, 1]^2$, тоді

$$R_N \left(H^{2,r} \left(M, \widetilde{M} \right), H^{2,r} \left(M, \widetilde{M} \right), \omega \right) \geq K \max \left\{ \frac{1}{\ell^{2r}}, \min \left\{ 1, \frac{|\omega|}{\ell^{2r}} \right\} \right\}.$$

Список використаних джерел

1. Оптимальні алгоритми обчислення інтегралів від швидкоосцилюючих функцій та їх застосування : у 2 т. Т. 1 : Алгоритми : [монографія] / І. В. Сергієнко, В. К. Задірака, О. М. Литвин, С. С. Мельникова, О. П. Нечуйвітер ; Ін-т кібернетики ім. В. М. Глушкова НАН України. – Київ : Наук. думка, 2011. – 447 с.
2. Литвин О. М. Про одну кубатурну формулу для обчислення 2D-коефіцієнтів Фур'є з використанням інтерлінації функцій / О. М. Литвин, О. П. Нечуйвітер // Доп. НАН України. Математика. Природознавство. Технічні науки. – 2010. – № 3. – С. 24–29.
3. Литвин О. М. Оптимальний за порядком точності метод обчислення 2D-коефіцієнтів Фур'є за допомогою інтерлінації / О. М. Литвин, О. П. Нечуйвітер // Комп'ютерне моделювання в наукоємних технологіях : пр. наук.-техн. конф. з міжнародною участю, 18–21 травня 2010 р., Харків. – Х., 2010. – Ч. 2. – С. 211–213.
4. Литвин О. М. Кубатурна формула для обчислення 2D-коефіцієнтів Фур'є з використанням інтерлінації функцій / О. М. Литвин, О. П. Нечуйвітер // Вісник ХНУ ім. В. Н. Каразіна. Сер. Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління : зб. наук. пр. – Х., 2010. – № 926. – С. 153–160.
5. Литвин О. М. 2D-коефіцієнти Фур'є на класі диференційовних функцій та сплайн-інтерлінація / О. М. Литвин, О. П. Нечуйвітер // Таврический вестник информатики и математики. – 2011. – № 1. – С. 51–61.
6. Iserles A. Efficient quadrature of highly-oscillatory integrals using derivatives / A. Iserles, S. P. Norsett // Tech. Reports Numerical Analysis (NA2004/03) / DAMPT – University of Cambridge. – 14 p.

УДК 519.85

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ГІЛОК ТА МЕЖ ДЛЯ ОДНІЄЇ КОМБІНАТОРНОЇ ЗАДАЧІ ОПТИМІЗАЦІЇ ПОТОКУ

Ю. Ф. Олексійчук, к. ф.-м. н.

Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі»

olexijchuk@gmail.com

В статті розглядається комбінаторна задача оптимізації потоку. Запропонований метод гілок та меж для її розв'язання.

Oleksiiichuk Yu. F. Branch and bound method application for one of combinatorial optimization flow problems. In the article are

discussed the problem of combinatorial optimization flow. Branch and bound method is proposed to solution it.

Ключові слова: ОПТИМІЗАЦІЯ, ОПТИМАЛЬНИЙ ПОТІК, КОМБІНАТОРНІ ЗАДАЧІ, МЕТОД ГІЛОК ТА МЕЖ.

Keywords: OPTIMIZATION, OPTIMAL FLOW, COMBINATORIAL PROBLEMS, BRANCH AND BOUND METHOD.

В доповіді розглядається комбінаторна задача оптимізації потоку, яка є задачею евклідової комбінаторної оптимізації [1].

Різні комбінаторні задачі оптимізації потоку розглядалися, зокрема, в [2–6]. Метод гілок та меж є застосовним для розв'язання багатьох із них [4–5].

Транспортною мережею називають оргграф $\Gamma = (V, U)$, в якому кожній дузі u_{ij} ставиться у відповідність її пропускна спроможність $b_{ij} \geq 0$. Вершину v_s , що має лише вихідні дуги, називають джерелом. Вершину v_t , що має лише вхідні дуги, називають стоком [7].

Потоком називають функцію $w: U \rightarrow R^1$ з наступними властивостями: 1) значення функції w на дузі u_{ij} не може перевищувати пропускну спроможність дуги, тобто $w(u_{ij}) \leq b_{ij}$; 2) збереження потоку у всіх вершинах, крім джерела і стоку, тобто $\sum_{u_{iz} \in U} w(u_{iz}) = \sum_{u_{zj} \in U} w(u_{zj}) \quad \forall z, z \neq s, z \neq t$. Величиною потоку $|w|$ будемо називати суму значень функції w на дугах, що виходять із джерела: $\sum_{u_{si} \in U} w(u_{si}) = |w|$.

Накладемо додаткові комбінаторні обмеження. Припустимо, що потік по дугах $u_{ij} \in U_C \subseteq U$ може приймати значення, що не перевищують деяке число $x_{ij} = g_l \in G$, тобто $w(u_{ij}) \leq x_{ij}$, де $G = \{g_1, g_2, \dots, g_n\}$ – деяка мультимножина, причому вектор з x_{ij} є розміщенням елементів з G , тобто $x = (x_{i_1 j_1}, \dots, x_{i_k j_k}) \in E(G)$.

Нехай необхідно переслати мінімум W одиниць потоку, тобто $|w| \geq W$. Причому сумарний об'єм використаних місткостей $\sum_{u_{ij} \in U_C} x_{ij}$ має бути мінімальним [6].

Розглянемо застосування метод гілок та меж для її розв'язання. В якості початкового розв'язку можна взяти розв'язок відповідної класичної задачі знаходження максимального потоку, відкинувши комбінаторні обмеження та змінивши цільову функцію. Відзначимо, що цей розв'язок не обов'язково буде допустимим.

Якщо розв'язок класичної задачі не задовольняє умові $|w| \geq W$, то початкова задача не має розв'язку. Початкове рекордне значення вважаємо рівним ∞ . Галуження відбувається таким чином: вибирається одна із дуг $u_{ij} \in U_C$, відповідне значення x_{ij} прирівнюється почергово всім доступним значенням із G . Якщо розв'язок перевищує рекордний – робиться відсікання. Якщо відповідна задача не має розв'язків, то також робиться відсікання. Процедура повторюється для всіх дуг $u_{ij} \in U_C$. Таким чином знаходиться оптимальний розв'язок початкової задачі.

В доповіді розглянута комбінаторна задача оптимізації потоку в мережі та застосування методу гілок та меж для її розв'язування.

Список використаних джерел

1. Стоян Ю. Г. Теорія і методи евклідової комбінаторної оптимізації / Ю. Г. Стоян, О. О. Ємець. – Київ : Ін-т системн. досліджень освіти, 1993. – 188 с.
2. Емец Е. М. NP-трудность комбинаторной задачи нахождения максимального потока / Е. М. Емец, Ю. Ф. Олексійчук // Таврический вестник информатики и математики. – 2012. – № 2. – С. 36–44.
3. Ємець О. О. Поліноміальний метод наближеного розв'язання комбінаторної задачі знаходження максимального потоку в мережі / О. О. Ємець, Є. М. Ємець, Ю. Ф. Олексійчук // Доповіді Національної академії наук України. – 2013. – № 4. – С. 33–37.
4. Ємець О. О. Комбінаторна задача знаходження максимального потоку та метод гілок та меж для її розв'язування / О. О. Ємець, Є. М. Ємець, Ю. Ф. Олексійчук // Вісник Запорізького національ-

ного університету : зб. наук. статей. Фізико-математичні науки. – 2012. – № 1. – С. 91–98.

5. Олексійчук Ю. Ф. Метод гілок та меж для комбінаторної задачі знаходження потоку мінімальної вартості / Ю. Ф. Олексійчук // Інформатика та системні науки (ІСН-2015) : матеріали VI Всеукраїнської наук.-практ. конф. за міжнародною участю (м. Полтава, 19–21 березня 2015 р.). – Полтава : ПУЕТ, 2015. – С. 252–254.
6. Олексійчук Ю. Ф. Про комбінаторну задачу знаходження оптимального потоку / Ю. Ф. Олексійчук // Інформатика та системні науки (ІСН-2016) : матеріали VII Всеукраїнської науково-практичної конференції за міжнародною участю, (м. Полтава, 10–12 берез. 2016 р.). – Полтава : ПУЕТ, 2016.
7. Форд Л. Потоки в сетях / Форд Л., Фалкерсон Д. – Москва : Мир, 1966. – 277 с.

УДК 004.42

РЕСОЦІАЛІЗАЦІЯ ЗАСОБАМИ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ

О. В. Ольховська, к. ф.-м. н., завідувач сектору розробки електронних засобів навчання;

Д. М. Ольховський, к. ф.-м. н., доцент, с. н. с. сектору розробки електронних засобів навчання

Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі»

lena@olhovsky.name

В публікації розглядається аспекти розвитку та використання дистанційних технологій навчання в Полтавському університеті економіки і торгівлі.

This publication is considered aspects of the development and use of distance learning technologies in Poltava University of Economics and Trade.

Ключові слова: ДИСТАНЦІЙНЕ НАВЧАННЯ, ДИСТАНЦІЙНИЙ КУРС.

Keywords: NORMAL ALGORITHMS, DISTANCE LEARNING, TUTOR.

Глобальна інформатизація суспільства є однією з домінуючих тенденцій розвитку суспільства в ХХІ ст. Сьогодні, завдяки стрімкому збільшенню можливостей телекомунікаційних систем і нових інформаційних технологій, формується інформаційне

середовище існування та життєдіяльності людей, складається суспільство, яке спрямоване в епоху інформатизації. Особливості сучасного етапу розвитку суспільства підкреслюють важливість і необхідність вдосконалення різних сфер життєдіяльності, включаючи сферу освіти. Освіта є дієвим чинником стабілізації суспільства, гармонізації його інтересів, найважливішим інструментом формування нового менталітету суспільства, глибинних змін свідомості людей, всіх сфер суспільного життя. Питання про те, що таке якість освіти, до теперішнього часу залишається дискусійним. Саме вища освіта сприяє проведенню модернізації технологічних і соціальних основ, самостійності та незалежності держави, дозволяючи цілеспрямовано і ефективно вирішувати проблеми національного та глобального рівня.

Із 2011 року у Вищому навчальному закладі Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі» активно розвиваються дистанційні технології навчання. Постійно розробляються, актуалізуються та використовуються у навчальному процесі дистанційні курси навчальних дисциплін, що вивчаються всіма студентами всіх форм навчання та освітніх програм підготовки. Наразі, професорсько-викладацьким складом університету розроблено понад 600 дистанційних курсів навчальних дисциплін, які вивчають студенти денної, заочної та дистанційної форм навчання. У середньому в місяць в системі дистанційного навчання відбувається більше 1 млн подій, у тому числі більше 500 тис. переглядів матеріалів ДК, а також 32 тис. сеансів.

Завдяки використанню системи дистанційного навчання в університеті:

- вирішено проблему доступу студентів до наукових та навчальних інформаційних джерел;
- створені можливості безперешкодного спілкування студентів і викладачів у віртуальному просторі;
- викладачі кафедр та працівники деканатів отримали можливість постійного відстеження успішності студентів;
- навчальний процес став прозорим, більшість його кроків фіксується у звітах системи.

Завдяки цьому, в 2016–2017 навчальному році вже 32 студента навчаються за дистанційною формою навчання, а також близько трьох тисяч студентів навчаються за заочно-дистанційною формою і понад чотири тисячі стали випускниками.

На сучасному етапі розвитку українське суспільство переживає період глибоких змін в усіх сферах життя. Останніми роками пріоритетним напрямком розвитку українського суспільства є налагодження партнерства, прагнення гідного рівня життя, впровадження сучасних стандартів, дотримання загальноприйнятих цінностей серед яких базовими є: гідність, свобода та рівності громадян.

Загальноновизнано, що одним із гострих питань, що постає у нашому суспільстві – це питання ресоціалізації засуджених. Досить дієвим інструментом формування позитивного виправного впливу на засуджених – процес навчання, особливо отримання вищої освіти. Адже, здобуття вищої освіти засудженими – один із важливих факторів зниження криміногенності в суспільстві, запобігання рецидиву злочинів, сприяння ресоціалізації та адаптації засуджених у суспільстві після їх звільнення. Здобута під час позбавлення волі вища освіта значно полегшить засудженому працевлаштування після звільнення.

Тому, співпраця Вищого навчального закладу Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі» із закладами, що входять до структури Державної пенітенціарної служби України, є значним внеском обох сторін у розвиток суспільства, має значний потенціал та перспективи розвитку.

За результатами проведеного в Україні опитування з'ясувалося, що 87,8 % засуджених, які мають середню освіту, бажають отримати вищу освіту, а 46,5 % можуть дозволити собі навчання на платній основі.

Позитивний досвід співпраці університету з Полтавською виправною колонією № 64, Дніпровською виправною колонією № 89, діючий Договір про співробітництво між Вищим навчальним закладом Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі» і Управлінням Державної пенітенціарної служби України в Полтавській області, вже тори засуджених здобуваю вищу освіту.

Основним завданням партнерства є співпраця з метою забезпечення та спільної організації навчального процесу для осіб, які відбувають покарання у закладах позбавлення волі, шляхом використання навчально-методичного забезпечення, інформаційних технологій і засобів дистанційного навчання Університету і, як результат, надання можливості отримання безперервної багатоступеневої вищої освіти для осіб, які відбувають покарання на території виправного закладу.

ПАРАМЕТРЫ ПОИСКА В БАЗЕ ДИРЕКТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ

С. Э. Пашаева, ст. преподаватель
Нахичеванский государственный университет
pasayevasevinc5@gmail.com

В статье исследованы возможные источники информации, собранные на Базе Директивных Документов. На Базе Директивных Документов определены поисковые параметры для осуществления необходимых запросов.

Pashayeva S. E. Search parameters in the policy documents database. In the article possible origins of collected information in policy documents databes are investigated. To carry out necessary queries in policy documents database search parameters are determined.

Ключевые слова: БАЗА ДИРЕКТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ, ID ДОКУМЕНТА, ОТВЕТСТВЕННЫЕ ИСПОЛНИТЕЛИ.

Keywords: POLICY DOCUMENTS DATABASE, ID OF DOCUMENTS, RESPONSIBLE EXECUTERS.

База Директивных Документов – это база отражающая сбор и архивацию директивных документов, принадлежащих созданному предприятию, хронологию и текущее состояние проводимых работ на основе документов [1, 2]. Эта база является основной частью информационно-поисковой системы, основанной на современных информационных технологиях. В качестве источников входных файлов Базы Директивных Документов можно указать нижеследующие [3–6]:

- Директивные документы, созданные внутри предприятия;
- Обязательные директивные документы которые формируются в вышестоящих организациях;
- Законы, принятые Милли Меджлисом;
- Законы, постановления, распоряжения и т. д, утвержденные президентом Азербайджанской Республики;
- Директивные документы, принятые международными организациями и выполнение которых обязательно в Азербайджанской Республике.

Новый документ, включается в базу документов в виде различных файловых форматов, определяются атрибуты документов и эти документы сохраняются вместе со своими атрибутами [1, 2].

Для реализации поисковых операций из базы директивных документов должны быть определены поисковые параметры. Должны быть созданы информационно-поисковые алгоритмы в соответствии с назначенными поисковыми параметрами. Результаты поиска должны быть сохранены в виде текстовых файлов, соответствующих заранее установленным формам и при необходимости должны быть напечатаны.

Статья посвящена вопросу создания поисковых параметров информационно-поисковой системы в Базе Директивных Документов.

Поисковые параметры в Базе Директивных Документов

При создании информационно-поисковой системы на Базе Директивных Документов могут быть использованы нижеследующие поисковые параметры:

- ID документа. Согласно номеру регистрации документа можно оформить запрос существующим копиям. В целом о базе данного документа можно оформить запросы и создать различные выходные формы в согласии с включенными атрибутами;

- Текущее состояние осуществления работы по документам. Согласно этому поисковому параметру можно создать запросы и выходные формы документов, осуществление работ над которым завершены, документов, осуществление работ над которым задерживается и причина задержек, документы, в виде текущего рабочего состояния и др. Известно, что причины задержки работ над документом включаются в базу ответственными исполнителями и подтверждаются руководством после оценки;

- Ответственные исполнители. Очевидно, что по параметру поиска можно оформить запросы для получения списка документов, которые являются в исполнении какого-либо исполнителя, и их состояния выполнения;

- Время входа или создания. По этому параметру можно поискать документы, введенные в систему конкретное время, или документы, введенные в определённый промежуток времени. К ответам таких запросов могут присоединяться и другие атрибуты, относящиеся к документу. В список этих атрибут

можно включать такие атрибуты как, текущее состояние выполнения работы над документами;

– Организации созданию документов. По этому параметру можно поискать документы, входящие из организации или группы организаций;

– Ключевые слова, темы и части аннотации. При поиске таких запросов над атрибутами базы директивных документов проводятся аналогии, и найденные документы размещаются по степени сходства и близости.

Список использованных источников

1. Пашаев Ф. Г. Определение некоторых метрических характеристик электронных директивных документов / Пашаев Ф. Г., Пашаева С. Е. Международный научный институт «Education», Ежемесячный научный журнал, IV (22). – С. 64–67.
2. Локальный поиск документов в корпоративной среде / Ф. Г. Пашаев, И. Ф. Пашаев, С. Э. Пашаева, Б. М. Алиева. // VII All-Ukrainian Scientific-Practical Conference «Computer Sciences and Systems Sciences», Poltava, 10–12 march 2016. – P. 223–225.
3. <http://www.ndu.edu.az/index.php?/az/content/306/>.
4. <http://www.president.az/documents/laws>.
5. <http://edu.gov.az/az/page/451>.
6. <http://mincom.gov.az/qanunvericilik/qanunlar/>.

УДК 004.4'2

РОЗРОБКА ТРЕНАЖЕРА З ТЕМИ «М-МЕТОД» ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАЛЬНОГО КУРСУ «МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ОПЕРАЦІЙ»

С. В. Педоренко, магістр спеціальності «Соціальна інформатика»

Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі»

pedorenko.sergsi@mail.ru

О. О. Ємець, д. ф.-м. н., професор

Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі»

yemetsli@ukr.net

Запропоновано алгоритм і написаний по ньому тренажер на тему «М-метод» для дистанційного курсу «Методи оптимізації та дослідження операцій».

Pedorenko S. V., Iemets O. O. The construction simulator on "M-method" distance learning course "methods of optimization and operations research". The algorithm written on it and simulator on "The M-method" for distance course "Methods of optimization and operations research".

Ключові слова: М-МЕТОД, ТРЕНАЖЕР, МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ОПЕРАЦІЙ.

Keywords: M-METHOD, SIMULATOR, METHODS OF OPTIMIZATION AND OPERATIONS RESEARCH.

В тезах викладена постановка задачі і частина алгоритму роботи тренажера. Метою роботи є розробка алгоритму та програмного забезпечення тренажера з теми «М-метод» дистанційного навчального курсу «Методи оптимізації та дослідження операцій». Тренажер створюється для навчання.

При ознайомленні з даною темою М-метод були використані лекції з дисципліни «Методи оптимізації та дослідження операцій» [1]. В роботах [2] розглянуті деякі тренажери для дистанційного курсу «методи оптимізації та дослідження операцій». Як в дистанційному курсі з «методів оптимізації та дослідження операцій» ПУЕТ, так і в Інтернеті (в україномовному сегменті) взагалі немає тренажера на тему «М-метод», тому створення такого тренажеру є актуальним.

В магістерській роботі повинен бути створений алгоритм роботи тренажера і написана програма-тренажер для розв'язання задачі М-методом. В тренажері повинно імітуватися процес розв'язування задачі лінійного програмування М-методом на основі заданого прикладу.

Розроблено алгоритм, який реалізований у вигляді програми. Частина алгоритму представлена нижче.

Крок 1. Чи можливо задану задачу розв'язувати М-методом?

$$F = -2x_1 + 3x_2 - x_3 - x_4 \rightarrow \min;$$

$$\begin{cases} 2x_1 + x_2 - 2x_3 + x_4 = 24; \\ x_1 + 2x_2 + x_3 \leq 22; \\ x_1 - x_2 + 2x_3 \geq 10; \end{cases}$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4 \geq 0.$$

Якщо відповідь «Ні», перехід на наступний крок.

Якщо відповідь «Так», на екрані з'являється повідомлення що відповідь не вірна. Перехід на наступний крок.

Крок 2. Скільки умов повинно виконуватися, щоб задача розв'язувалася М-методом?

Стає активним вікно в якому студент вводить число.

Якщо відповідь 3, то вона правильна, перехід на крок 3.

Якщо інша відповідь, то виводиться повідомлення про не правильну відповідь, і перехід на наступний крок.

Крок 3. Чи повинна задача лінійного програмування бути в канонічній формі?

З'являється вікно за двома кнопками. Перша «Так», друга «Ні».

Якщо вибрана відповідь «Так», перехід на крок 4.

Якщо ні, то виводиться повідомлення: «ЗЛП повинна бути в канонічній формі». Перехід на крок 4.

Крок 4. Чи повинні праві частини умов бути додатними?

З'являється вікно з двома кнопками. Перша «Так», друга «Ні».

Якщо користувач вибрав відповідь «Так», перехід на крок 5.

Якщо користувач вибрав відповідь «Ні», виводиться повідомлення про неправильну відповідь: «Праві частини рівнянь повинні бути додатними». Перехід на крок 5.

Крок 5. Чи повинна ЗЛП мати базисні змінні в кожному рівнянні?

З'являється вікно за двома кнопками. Перша «Так», друга «Ні».

Якщо користувач вибрав відповідь «Так», виводиться повідомлення про неправильну відповідь: «Хоча б в одному рівнянні не має бути базисної змінної». Перехід на наступний крок.

Якщо користувач вибрав відповідь «Ні», відповідь правильна, перехід на наступний крок.

Алгоритм, перші п'ять кроків якого викладені вище реалізовано у вигляді JAVA-аплету для підключення до дистанційного курсу в системі дистанційного навчання ПУЕТ.

Висновки. Розроблено комп'ютерний тренажер з теми «М-метод» для дистанційного навчального курсу «методи оптимізації та дослідження операцій». Він може бути використаний в навчальному процесі ПУЕТ як в дистанційній формі, так і при

самостійній роботі студента, а також як допоміжний методичний засіб для студентів стаціонару.

Практичною новизною цієї роботи є самостійна розробка алгоритму та програмного забезпечення тренажера з теми «М-метод».

Список використаних джерел

1. Ємець О. О. Методи оптимізації та дослідження операцій [Електронний ресурс] / О. О. Ємець, Т. О. Парфьонова. – Полтава : ПУЕТ, 2013. – Режим доступу: http://elib.puet.edu.ua/action.php?kt_path_info=lm.web.view&fDocumentId=670571. – Назва з екрана.
2. Ємець О. О. Інформатика та системні науки (ІСН-2015) [Електронний ресурс] : матеріали VII Всеукраїнської науково-практичної конференції за міжнародною участю, (м. Полтава, 19–21 берез. 2015 р.) / О. О. Ємець. – Полтава : ПУЕТ, 2015. – Режим доступу: <http://dspace.puet.edu.ua/bitstream/123456789/2488/1>. – Назва з екрана.

УДК 519.6

МЕТОД ЗНАХОДЖЕННЯ ЛІНІЙ РОЗРИВУ ФУНКЦІЇ ДВОХ ЗМІННИХ ЗА ДОПОМОГОЮ РОЗРИВНИХ СПЛАЙНІВ

Ю. І. Першина, д. ф.-м. н., доцент
Українська інженерно-педагогічна академія
yulia_pershyna@ukr.net

В статті розроблено та досліджено метод знаходження точок розриву та ε -розриву першого роду білінійної функції двох змінних, наближуючи її розривним інтерполяційним чи апроксимаційним білінійним сплайном.

Pershyna I. I. Method of finding break lines function of two variables with discontinuous splines. The paper was developed and researched method of break points and ε -break of the first kind bilinear function of two variables the approach of discontinuous interpolation or bilinear spline approximation

Ключові слова: РОЗРИВНА ФУНКЦІЯ, ІНТЕРПІНАЦІЯ, РОЗРИВНИЙ СПЛАЙН.

Keywords: DISCONTINUOUS FUNCTION, INTERLINEATION, DISCONTINUOUS SPLINE.

Нехай задана білінійна функція двох змінних $f(x, y)$ в області $D = [0, 1]^2$ та задане деяке розбиття на елементи (прямокутники) $\Pi_{i,j} = [x_i, x_{i+1}] \times [y_j, y_{j+1}]$. Причому розташування ліній розриву функції $f(x, y)$ невідоме. В якості експериментальних даних будемо використовувати скінченну кількість інтерполяційних значень розривної функції $f(x, y)$ у кутах заданої прямокутної сітки

$$C_{i,j}^{++} = f(x_i + 0, y_j + 0), \quad C_{i,j}^{-+} = f(x_i - 0, y_j + 0),$$

$$C_{i,j}^{+-} = f(x_i + 0, y_j - 0), \quad C_{i,j}^{--} = f(x_i - 0, y_j - 0).$$

Треба побудувати та дослідити метод відновлення розривної білінійної функції $f(x, y)$ та виявити лінії ε -розриву.

Перенумеруємо задані значення матриці C так $C_{p,\ell}$, $p = \overline{1, n \cdot t}$, $\ell = \overline{1, 4}$ розривної функції $f(x, y)$, де p – номер прямокутного елемента, що розглядається.

Визначення 1. Якщо $|f(x_q + 0, y) - f(x_q - 0, y)| < \varepsilon$, $\forall y$, то функцію $f(x, y)$ будемо називати ε -непрервною на лінії $x = x_q$, аналогічно, якщо $|f(x, y_s + 0) - f(x, y_s - 0)| < \varepsilon$, $\forall x$, то функцію $f(x, y)$ будемо називати ε -непрервною на лінії $y = y_s$.

Визначення 2. Якщо виконуються всі чотири нерівності з визначення 1 в точці (x_q, y_s)

$$|f(x_q + 0, y_s + 0) - f(x_q - 0, y_s + 0)| < \varepsilon,$$

$$|f(x_q + 0, y_s + 0) - f(x_q + 0, y_s - 0)| < \varepsilon,$$

$$|f(x_q - 0, y_s + 0) - f(x_q - 0, y_s - 0)| < \varepsilon,$$

$$|f(x_q - 0, y_s - 0) - f(x_q + 0, y_s - 0)| < \varepsilon,$$

то функцію $f(x, y)$ будемо називати ε -непервною в точці (x_q, y_s) .

Визначення 3. Якщо $f(x, y) \in \varepsilon$ -непервною $\forall (x, y) \in \Pi_{i,j}$, то будемо її називати ε -непервною в усьому прямокутному елементі $\Pi_{i,j}$.

Теорема 1. Якщо $f(x, y) \in C^{-1}[0;1]^2$ має одну точку розриву першого роду $x^* = \frac{m}{2^k}$, $y^* = \frac{p}{2^k} m, k, p \in N, m < 2^k, p < 2^k$, то можна її виявити за найбільше ніж k ітерацій.

Теорема 2. Якщо $f(x, y) \in C^{-1}[0;1]^2$ є кусково-лінійною функція і має одну точку розриву першого роду (x^*, y^*) , то виявити її можна за $k = \lceil -\log_2 2\varepsilon \rceil$ ітерацій з похибкою ε .

Приклад 1. Нехай розривна білінійна функція $f(x, y)$ має розрив першого роду в точці $(x^*, y^*) = (\pi, \pi - 3) \approx (3.14.15.92.65; 0.14159265)$. Складемо таблицю результатів виявлення точки ε -розриву (табл. 1), тобто ε -інтервал, та номер ітерації в залежності від заданої похибки ε .

Таблиця 1 – Кількість ітерацій для досягнення похибки ε

Похибка, ε	Номер ітерації, k	ε -інтервал
0,01	6	(0.140625; 0.15625)
0,001	9	(0.140625; 0.1425781)
0,0001	13	(0.14147949; 0.1416016)

Визначення 4. Базисним розривним білінійним сплайном на елементів $[0;1]^2$ будемо називати сплайн

$$B(x, y) = \begin{cases} h(x, y), & (x, y) \in [0;1]^2, \\ 0, & (x, y) \notin [0;1]^2, \end{cases}$$

де $h(x, y)$ – білінійний неперервний поліном.

Теорема 3. Довільну розривну білінійну функцію $f(x, y)$ зі скінченною кількістю розривів першого роду можна представити у вигляді суми базисних розривних сплайнів.

Дійсно, завжди, знайдуться такі $M, L \in \mathbb{N}$ і параметри $C_{i,j}^{\pm\pm}$, що білінійну розривну функцію можна записати у вигляді

$$f(x, y) = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^L B(Mx - i; Ly - j; C_{i,j}^{\pm\pm}), \quad C_{i,j}^{\pm\pm} = f\left(\frac{i}{M} \pm 0, \frac{j}{L} \pm 0\right).$$

Список використаних джерел

1. Литвин О. М. Інтерлінація функцій та деякі її застосування / О. М. Литвин. – Харків : Основа, 2002. – 544 с.
2. Литвин О. Н. Восстановление разрывных функций двух переменных, когда линии разрыва неизвестны (прямоугольные элементы) / О. Н. Литвин, Ю. И. Першина, И. В. Сергиенко // Кибернетика и системный анализ. – 2014. – № 4. – С. 126–134

УДК 519.81

ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К УСЛОВНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ НА СФЕРИЧЕСКИ РАСПОЛОЖЕННЫХ ДИСКРЕТНЫХ МНОЖЕСТВАХ

О. С. Пичугина, докторант

Харьковский национальный университет радиоэлектроники
pichugina_os@mail.ru

К. П. Коробчинский, ст. преподаватель

Национальный аэрокосмический университет
kirill.korobchinskiy@gmail.com

В данном докладе предложена схема методов условной оптимизации на сферических дискретных множествах, основанная на использовании специфики таких множеств и свойств функций на них.

Pichugina O., Korobchinskiy K. In this report, a scheme of constrained optimization methods over spherical discrete sets is proposed. It is based on a specifics of the sets and properties functions on them.

Ключевые слова: ДИСКРЕТНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ, ГИПЕРСФЕРА, ВЕРШИННО РАСПОЛОЖЕННОЕ МНОЖЕСТВО,

УСЛОВНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ, ШТРАФНЫЕ И БАРЬЕРНЫЕ ФУНКЦИИ, МЕТОД УСЛОВНОГО ГРАДИЕНТА

Keywords: DISCRETE OPTIMIZATION, HYPERSPHERE, VERTEX LOCATED SET, PENALTY FUNCTION, PENALTY AND BARRIER FUNCTIONS, CONDITIONAL GRADIENT METHOD.

Рассмотрим дискретную задачу следующего вида:

$$f_0(x) \rightarrow \min, \quad (1)$$

$$x \in E \subset R^n, \quad (2)$$

$$E = \{x \in E' \subseteq R^n : f_i(x) \leq 0, i \in J_k, f_i(x) = 0, i \in J_m \setminus J_k\}, \quad (3)$$

где множество E' – конечно. Дополнительно потребуем чтобы E' было вписано в гиперсферу

$$E' \subseteq S_r(a), \quad (4)$$

где $S_r(a)$ – сфера радиуса r с центром в точке $a \in R^n$. Здесь и далее $J_m = \{1, \dots, m\}$.

Заметим, что

$$E' = P \cap S_r(a), \quad (5)$$

где

$$P = \text{conv} E'. \quad (6)$$

Множества, удовлетворяющие условию (5), названы полиэдрально-сферическими [1, 2]. Нетрудно видеть, что для полиэдрально-сферического множества E'

$$E' = \text{vert } P, \quad (7)$$

т. е. такое множество вершинно расположено [3].

Известно [1], что для функций, заданных на вершинно расположенном множестве E' , существуют выпуклые дифференцируемые продолжения. Таким образом, мы будем считать что функция $f_0(x)$ в задаче (1)–(3) является выпуклой и дифференцируемой в R^n .

Рассмотрим последовательность задач

$$F(x, \lambda_j, \mu_j) = f_0(x) + \lambda_j \sum_{i=1}^k g_i(f_i(x)) + \mu_j \sum_{i=k+1}^m h_i(f_i(x)) \rightarrow \min_{E'}, \quad (8)$$

где $g_i(\cdot)$ – барьерная функция; $h_i(\cdot)$ – штрафная функция, $\{\lambda_j, \mu_j\}_j$ – барьерные и штрафные коэффициенты, $j \in N$. Пусть $x^{*j} = \operatorname{argmin}_{E'} F(x, \lambda_j, \mu_j)$, $z^{*j} = f(x^{*j})$.

Учитывая представление (5), осуществим переход от дискретной задачи (8) к эквивалентной непрерывной задаче на многограннике P при помощи добавления уравнения сферы $f_{m+1}(x) = (x - a)^2 - r^2 = 0$ ко множеству функциональных ограничений:

$$\Phi(x, \lambda_j, \mu_j) = f(x) + \lambda_j \sum_{i=1}^k g_i(f_i(x)) + \mu_j \sum_{i=m'+1}^{m+1} h_i(f_i(x)) \rightarrow \min_{P'}. \quad (9)$$

Теперь решаем задачу (9) методом условного градиента [4] для последовательности $\{\lambda_j, \mu_j\}_j$, отвечающей классическим требованиям к штрафным и барьерным коэффициентам [4]. Как известно, в ходе реализации данного метода решаются вспомогательные линейные задачи на P и формируется последовательность его вершин P . Учитывая (7), можно видеть, что эти вспомогательные линейные задачи решаются на E' , т. е. имеют вид:

$$LP(E', c): x^{\operatorname{lin}, c} = \operatorname{argmin}_{E'} c^T x, \quad z^{\operatorname{lin}, c} = \min_{E'} c^T x.$$

В результате, на j -й итерации, помимо решения $x^{Pj} = \operatorname{argmin}_P \Phi(x, \lambda_j, \mu_j)$ задачи (9), формируется как последовательность допустимых точек многогранника (6) – $x^{Pj} = \{x^{Pjt}\}_t \subseteq P: x^{Pjt} \xrightarrow{t \rightarrow \infty} x^{Pj}$, так и последовательность $y^j = \{y^{jt}\}_t \subseteq E'$ решений вспомогательных $LP(E', \cdot)$ -задач. Кроме этого, найдется еще одна последовательность допустимых точек E' –

$p^j = \{p^{jt}\}_t \subseteq E'$ – в результате проектирования x^{pj} на E' : $p^{jt} = Pr_{E'} x^{jt}$, где $Pr_{E'} x$ – проекция x на E' . Лучшая из точек последовательностей y^j, p^j по значению целевой функции будет определять лучшее приближение к x^{*j} : $z^{*j} \approx z^j$, где $z^j = \min_{x \in \{y^j, p^j\}} f_0(x)$, $x^j = \arg \min_{x \in \{y^j, p^j\}} z^j$.

Допустимые точки множества E в $\{y^j, p^j\}_j$ формируют последовательность приближений к глобальному решению исходной задачи:

$$z^* = \min_E f(x), x^* = \arg \min_E f(x). \quad (10)$$

Лучшее из них является итоговым приближением к (10):

$$z^* \approx z^{**}, z^{**} = \min_{x \in \{y^j, p^j\}_j \cap E} f(x), x^{**} = \arg \min_{x \in \{y^j, p^j\}_j \cap E} z^{**}.$$

Тот факт, что $\{y_j, p_j\} \cap E \neq \emptyset$, соответственно x^{**} будет найдено, обеспечивается тем, что по построению $y^{ij} \xrightarrow{i, j \rightarrow \infty} y^* \in E$.

Замечание 1. Как видно, в ходе реализации предлагаемой вычислительной схемы возникают две вспомогательные комбинаторные задачи – $LP(E', c)$ и $Pr_{E'} x$. В первом случае ограничения в представлении (3) предлагается разбивать на прямые – $x \in E'$ – и функциональные $f_i(x) = 0, i \in J_m$; $f_j(x) \leq 0, j \in J_m \setminus J_m$, так, чтобы $LP(E', c)$ была легко разрешима, а при добавлении любого из функциональных ограничений – уже нет. Задача же проектирования $Pr_{E'} x$ для полиэдрально-сферических множеств эквивалентна $LP(E', a - x)$ [1].

Вывод. В данном докладе представлена схема методов условной оптимизации на сферических дискретных множествах, основанная на использовании специфики таких множеств и свойств функций на них. Описана возможность совместного использования методов штрафных функций, барьерных функций и метода уловного градиента для решения указанного класса задач.

Список использованных источников

1. Pichugina O., Yakovlev S. Convex Extensions and Continuous Functional Representations in Optimization, with Their Applications. J. Coupled Syst. Multiscale Dyn. 4, 129–152 (2016).
2. Pichugina O. S., Yakovlev S. V. The penalty method for solving optimization problems over polyhedral-spherical combinatorial sets. Radioelectronics & Informatics Journal. 1, 18–26 (2016).
3. Yakovlev S.: The theory of convex continuations of functions at the vertices of convex 308 polygons. Comput. Math. Math. Phys. 34(7), 959–965 (1994).
4. Bertsekas D. P. Nonlinear Programming, 2nd edn. Mass: Athena Scientific, Belmont (1999).

УДК 004.4'2

ПРОГРАМУВАННЯ НАВЧАЛЬНОГО ТРЕНАЖЕРА ДЛЯ ГРАДІЄНТНОГО МЕТОДУ ОПТИМІЗАЦІЇ НЕЛІНІЙНИХ ФУНКЦІЙ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАЛЬНОГО КУРСУ «МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ОПЕРАЦІЙ»

О. О. Потерайло, магістр спеціальності «Соціальна інформатика»

Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі»
poterailo1994@mail.ru

О. О. Ємець, д. ф.-м. н., професор

Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі»
yemetsli@ukr.net

Запропоновано програмну реалізацію тренажера для градієнтного методу оптимізації нелінійних функцій для дисципліни «Методи оптимізації та дослідження операцій».

Poterailo O. O., Iemets O. O. Programming of the simulator for gradient method optimization of nonlinear functions for the distance learning course «Methods of optimization and operations research». A software implementation of the simulator for gradient method optimization of nonlinear functions for the discipline «Methods of optimization and operations research» is proposed.

Ключові слова: ТРЕНАЖЕР, ГРАДІЄНТНИЙ МЕТОД, ОПТИМІЗАЦІЯ НЕЛІНІЙНИХ ФУНКЦІЙ.

Keywords: SIMULATOR, GRADIENT METHOD, OPTIMIZATION OF NONLINEAR FUNCTIONS.

Основною метою є програмна реалізація тренажера з теми «Гradientний метод оптимізації нелінійних функцій» дистанційного навчального курсу «Методи оптимізації та дослідження операцій».

Розроблений тренажер повинен мати зрозумілий для користувача інтерфейс.

Для цього він повинен містити наступні елементи:

- стартову сторінку;
- перелік питань по наведеному прикладу;
- варіанти відповідей до заданого питання;
- інформацію для виведення відповідної помилки;
- сторінку з результатами проходження даного тренажера.

Для функціонування тренажера потрібно реалізувати наступні функції:

- перехід від стартової сторінки до розв'язання прикладу;
- перехід до наступного питання;
- перевірка правильності відповіді;
- виведення повідомлення про помилку;
- перехід до результатів проходження тренажера.

Тренажер робиться на прикладі: дана функція $y = f(x) = x_1^2 + 4x_2^2 + 9x_3^2$, за початкову точку взяти точку $x^0 = (0,1; 0,2; 0,3)$. Знайти мінімум методом найшвидшого

спуску з точністю $\left| \frac{\partial f}{\partial x_i} \right| < \varepsilon, \varepsilon = 0,2$.

Для правильного функціонування тренажера створено декілька масивів, функцій, подій.

Масиви:

- String[] question – містить умову прикладу, перелік питань та варіантів відповідей по даному прикладу;
- String[] error – містить перелік повідомлень про помилку для кожного питання.

Для переходу від стартової сторінки до розв'язання прикладу потрібно натиснути кнопку «Розпочати», при цьому відбувається подія «jButton2ActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt)».

Функція «void nextQuestion()» здійснює перехід до наступного питання прикладу. Якщо відповісти на останнє питання, то відбувається перехід до результатів проходження тренажера.

Для перевірки вибраної або введеної в комірку відповіді використовується функція «correctAnswer()». Якщо в комірку введена неправильна відповідь, то вона буде замінена правильною.

Щоб перейти до наступного питання потрібно натиснути кнопку «Продовжити», при цьому відбувається подія «jButton1ActionPerformed (java.awt.event.ActionEvent evt)», що перевіряє відповідь на питання за допомогою функції «correctAnswer()». Якщо відповідь правильна, то відбувається перехід до наступного питання прикладу, якщо ні – виводиться повідомлення про помилку, яке є діалоговим вікном та викликається за допомогою «JOptionPane.showMessageDialog».

Оскільки для кожного питання повідомлення про помилку містить різну інформацію, то потрібне повідомлення вибирається з масиву «String[] error».

Для того, щоб при натисненні на картинку вибирався відповідний перемикач, використовуються події:

- «jLabel11MouseClicked (java.awt.event.MouseEvent evt)»;
- «jLabel12MouseClicked (java.awt.event.MouseEvent evt)»;
- «jLabel16MouseClicked (java.awt.event.MouseEvent evt)»;
- «jLabel44MouseClicked (java.awt.event.MouseEvent evt)»;
- «jLabel45MouseClicked (java.awt.event.MouseEvent evt)».

В доповіді викладено результати програмування навчального тренажера для градієнтного методу оптимізації нелінійних функцій дисципліни «Методи оптимізації та дослідження операцій».

Список використаних джерел

1. Стоян Ю. Г. Теорія і методи евклідової комбінаторної оптимізації [Електронний ресурс] : монографія / Ю. Г. Стоян, О. О. Ємець. – Київ : ІСДО, 1993. – 188 с. – Режим доступу: <http://dspace.uccu.org.ua/handle/123456789/487>. – Назва з екрана.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВПЛИВУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

О. І. Прилипко, к. ф.-м. н., доцент
Житомирський державний технологічний університет
poizh@ukr.net

В статті розглядається математична модель залежності витрат палива від кількісних та якісних характеристик транспортних засобів і пов'язаними з цим викидами шкідливих речовин у навколишнє середовище.

Prylypko O. I. Mathematical model of vehicle impact on environment pollution. This article presents the mathematical model of dependence spending fuel from the quantity and quality characteristics of vehicles and emissions of harmful substances into the environment connected with this.

Ключові слова: ПРОГНОЗУВАННЯ, ТРАНСПОРТНІ ЗАСОБИ, ПАЛИВО, ШКІДЛИВІ РЕЧОВИНИ.

Keywords: PREDICTION, VEHICLES, FUEL, HARMFUL SUBSTANCES.

Позначимо через $G^i(n)$ функцію споживання i -го виду палива ($i = \overline{1,3}$) за n -й період часу транспортними засобами (скутери, мотоцикли, автомобілі та ін.), що належать населенню деякої країни. Значення $i=1$ відповідає бензину, $i=2$ – дизельному паливу, а $i=3$ – газу (суміш пропан-бутан або метан).

Прогнозовану кількість витрат i -го виду палива за $n+1$ період часу, виходячи з витрат пального за n період часу і зміни за цей період кількісного і якісного складу транспортних засобів, можна визначити за наступною формулою:

$$G^i(n+1) = \beta_n^i G^i(n), \quad i = \overline{1,3}, \quad (1)$$

де β_n^i , $i = \overline{1,3}$ деякий коефіцієнт відновлення автопарку транспортних засобів населення за n -й період часу з урахуванням відносного споживання i -го палива. Коефіцієнт β_n^i задає зміну

кількісного і якісного складу транспортних засобів населення деякої країни за n -й період часу для i -го виду палива, враховуючи загальний термін експлуатації та потужності двигунів цих транспортних засобів.

Рівняння (1) при певних перетвореннях можна звести до різницевих рівнянь з відповідним дискретним інтервалом часу (рік, квартал, місяць тощо).

Існує важлива задача зменшення загальних витрат палива за рахунок регулювання значень коефіцієнтів β_n^i . Це можна здійснити за рахунок зменшення загального терміну експлуатації парку транспортних засобів населення країни та зменшення відповідно сумарної потужності транспортних засобів цього парку, тобто мінімізації функцій $G^i(n+1)$, $i = \overline{1,3}$ [1]:

$$G^i(n+1) \rightarrow \min, \quad i = \overline{1,3}. \quad (2)$$

Кожна держава може регулювати цей процес, створюючи на законодавчому рівні відповідні умови для оновлення парку транспортних засобів, стимулюючи перехід громадян на використання автомобілів меншої потужності, а ще краще стимулюючи перехід населення країни на електромобілі.

Відомо, що оптимальне стехіометричне співвідношення суміші повітря з паливом для бензинових двигунів теоретично складає 14,8 кг повітря для спалювання кожного кілограму бензину, для дизельного двигуна відповідно – 14,4 кг : 1 кг, для двигунів, що працюють на газовому паливі в середньому – 15,5 кг : 1 кг.

Розглянемо окремо кількість викидів відпрацьованих газів. При спалюванні одного кілограму палива задіяна відповідна кількість повітря. Вага відпрацьованих газів автомобіля повинна бути рівна сумарній вазі задіяного в роботі палива і повітря. Для кожного виду палива відома відповідна середня частка викидів забруднюючих речовин (вуглекислий газ, оксид вуглецю, оксиди азоту, сажа і т. д.) від загального об'єму відпрацьованих газів. Позначимо середню частку викиду r -ї забруднюючої речовини для i -го виду палива через δ_r^i (очевидно, що $0 \leq \delta_r^i < 1$), а через w_r^i коефіцієнт впливу технічного стану транспортних засобів на викиди r -ї забруднюючої речовини для i -го виду

палива. Тоді загальний сумарний викид r -ї забруднюючої речовини D_r в $(n+1)$ -му періоді часу при витраті транспортом палива $G^i(n+1)$, $i = \overline{1,3}$ дорівнює:

$$D_r(n+1) = 15,8 \delta_r^1 w_r^1 G^1(n+1) + 15,4 \delta_r^2 w_r^2 G^2(n+1) + 16,5 \delta_r^3 w_r^3 G^3(n+1). \quad (3)$$

Таким чином ми можемо обчислити прогнозовану масу викидів всіх забруднюючих речовин при сумарних витратах палива $G^i(n+1)$.

Очевидно, що розв'язок задачі (2) приводить до розв'язку задач по мінімізації викидів забруднюючих речовин при використанні індивідуальних транспортних засобів:

$$D_r(n+1) \rightarrow \min. \quad (4)$$

Розв'язок задач (2) і (4) має важливе значення для покращення екологічної ситуації країн за рахунок оптимізації витрат палива індивідуальними транспортними засобами.

В доповіді запропоновано прогнозування змін екологічної ситуації країн за рахунок регулювань в системі індивідуального транспорту цих країн.

Список використаних джерел

1. Овезгельдыев А. О. Синтез и идентификация моделей многофакторного оценивания и оптимизации / А. О. Овезгельдыев, Э. Г. Петров, К. Э. Петров. – Киев : Наукова думка, 2002. – 163 с.

УДК 004.4'2

ТРЕНАЖЕР «КОМПЛЕКСНЫЕ ЧИСЛА» И ЕГО ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

Х. Н. Примов, студент специальности «Социальная информатика»

Высшее учебное заведение Укоопсоюза «Полтавский университет экономики и торговли»

В докладе рассматривается алгоритм тренажера «Комплексные числа» и его программная реализация.

Primov X. N. In the report the algorithm of the «Complex numbers» simulator and its implementation are considered.

Ключевые слова: ТРЕНАЖЕР, КОМПЛЕКСНЫЕ ЧИСЛА.

Keywords: SIMULATOR, COMPLEX NUMBERS.

В рамках магистерской работы под руководством доцента кафедры математического моделирования и социальной информатики (ММСИ) ПУЭТ, к. ф.-м. н., доц. Парфёновой Т. А. был создан алгоритм тренажера на тему «Комплексные числа», а по алгоритму создана программа с использованием программной среды C++ Builder 5 и языка программирования C++.

В тренажере рассматриваются такие задачи, как сложение, вычитание, умножение и деление комплексных чисел; представление комплексного числа в тригонометрической и показательной форме.

На рис. 1–3 показано заглавное окно тренажера и шаги для нахождения суммы двух комплексных чисел.

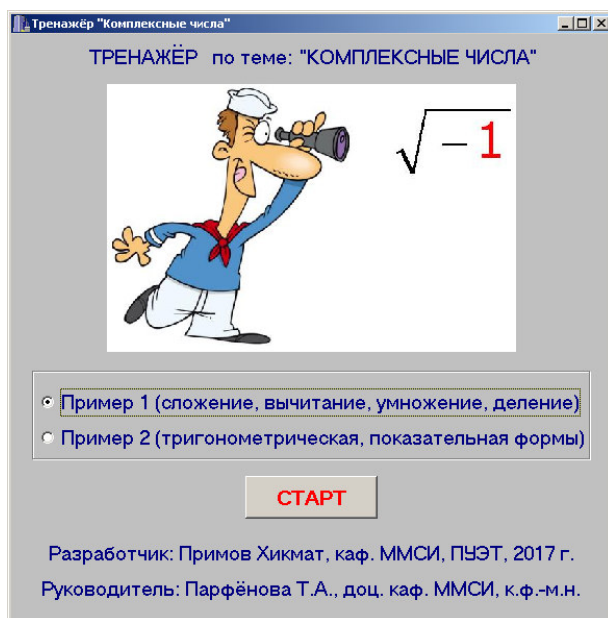


Рисунок 1 – Заглавное окно тренажёра

Сумма комплексных чисел

Заданы комплексные числа $z_1 = -10 + 10i$ и $z_2 = 4 - 2i$

Найти сумму z_1 и z_2

Шаг 1

В какой форме представлено комплексное число $a + bi$?

☐ тригонометрической ☐ показательной
☒ алгебраической ☐ отрицательной

OK

Шаг 2

Для каждого элемента выберите название из списка

a действительная часть
 b коэффициент при мнимой единице
 i мнимая единица
 bi мнимая часть комплексного числа

OK

Рисунок 2 – Первые шаги нахождения суммы комплексных чисел

Сумма комплексных чисел

Заданы комплексные числа $z_1 = -10 + 10i$ и $z_2 = 4 - 2i$

Найти сумму z_1 и z_2

Шаг 3

Чему равно значение мнимой единицы i ?

☐ $i = -\sqrt{1}$, ☒ $i = \sqrt{-1}$,
☐ $i = 1$, ☐ $i = -1$.

OK

Шаг 4

Какой формулой задается сложение комплексных чисел?

☐ $(a + bi) + (c + di) = (b + c) + (a + d)i$ ☒ $(a + bi) + (c + di) = (a + c) + (b + d)i$
☐ $(a + bi) + (c + di) = (a + c) + (b - d)i$ ☐ $(a + bi) + (c + di) = (a + c) + (b + d)i$

OK

Шаг 5

Для заданных комплексных чисел найти результат сложения z_1 и z_2

$z_1 + z_2 = (-10 + 10i) + (4 - 2i) = (-10 + 4) + (10 - 2)i = -6 + 8i$

OK

Рисунок 3 – Последние шаги нахождения суммы чисел

Тренажер предназначен для дистанционного курса кафедры ММСИ ПУЭТ «Алгебра и геометрия».

Программный продукт планируется передать в сектор разработки электронных средств обучения ПУЭТ с целью внедрения в дистанционный курс, также как это было сделано с другими тренажерами, разработанными студентами кафедры ММСИ в рамках выпускных работ [1–6].

Список использованных источников

1. Ємець О. О. Про розробку тренажерів для дистанційних курсів кафедрою ММСИ ПУЕТ [Електронний ресурс] / О. О. Ємець // Інформатика та системні науки (ІСН-2015) : матеріали VI Всеукр. наук.-практ. конф. за міжн. участю (м. Полтава, 19–21 берез. 2015 р.). – Полтава : ПУЕТ, 2015. – С. 152–161. – Режим доступу: <http://dspace.puet.edu.ua/handle/123456789/2488>. – Назва з екрана.
2. Ємець Ол-ра О. Про тренажер «Обчислення коефіцієнтів конкордації з урахуванням зв'язаних рангів» [Електронний ресурс] / Ол-ра О. Ємець // Інформатика та системні науки (ІСН-2015) : матеріали VI Всеукр. наук.-практ. конф. за міжн. участю (м. Полтава, 19–21 берез. 2015 р.). – Полтава : ПУЕТ, 2015. – С. 162–171. – Режим доступу: <http://dspace.puet.edu.ua/handle/123456789/2492>. – Назва з екрана.
3. Марченко Д. А. Алгоритмізація тренажеру з теми «Многогранник переставлень» дистанційного навчального курсу «Елементи комбінаторної оптимізації» [Електронний ресурс] / Д. А. Марченко, О. О. Ємець // Інформатика та системні науки (ІСН-2016) : матеріали VII Всеукр. наук.-практ. конф. за міжн. участю (м. Полтава, 10–12 берез. 2016 р.). – Полтава : ПУЕТ, 2016. – С. 196–198. – Режим доступу: <http://dspace.puet.edu.ua/handle/123456789/2949>. – Назва з екрана.
4. Парфьонова Т. О. Про розробку тренажерів для дистанційного навчального курсу «Алгебра і геометрія» [Електронний ресурс] / Т. О. Парфьонова // Інформатика та системні науки (ІСН-2016) : матеріали VII Всеукр. наук.-практ. конф. за міжн. участю (м. Полтава, 10–12 берез. 2016 р.). – Полтава : ПУЕТ, 2016. – С. 221–223. – Режим доступу: <http://dspace.puet.edu.ua/handle/123456789/2974>. – Назва з екрана.
5. Педоренко С. В. Розробка тренажеру для М-методу в дистанційному курсі «Методи оптимізації та дослідження операцій» [Електронний ресурс] / С. В. Педоренко, О. О. Ємець // Інформатика та системні науки (ІСН-2016) : матеріали VII Всеукр. наук.-практ. конф. за міжн. участю (м. Полтава, 10–12 берез. 2016 р.). – Полтава : ПУЕТ, 2016. – С. 226–230. – Режим доступу: <http://dspace.puet.edu.ua/handle/123456789/2946>. – Назва з екрана.

6. Чілікіна Т. В. Огляд тренажерів з дисципліни «Математичний аналіз» на прикладі розробок студентів напряму «Інформатика» / Т. В. Чілікіна [Електронний ресурс] // Інформатика та системні науки (ІСН-2016) : матеріали VII Всеукр. наук.-практ. конф. за міжн. участю, (м. Полтава, 10–12 берез. 2016 р.). – Полтава : ПУЕТ, 2016. – С. 329–330. – Режим доступу: <http://dspace.puet.edu.ua/handle/123456789/2993>. – Назва з екрана.

УДК 519.6:658.5

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДІАГНОСТИКИ КРИЗОВОГО СТАНУ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА

С. К. Рамазанов, д. т. н., д. е. н., професор кафедри «Інформаційні системи в економіці»

ДВНЗ «КНЕУ імені В. Гетьмана»

sramazanov@i.ua

Є. І. Івченко, к. т. н., доцент, доцент кафедри економічної кібернетики

Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі»

npic@issci.org.ua

Розглянута проблема створення інтелектуальної системи прийняття рішень діагностики кризового стану промислового техногенного підприємства в умовах невизначеності.

Ramazanov S. K., Ivchenko E. I. Intellectual system of support of making decision of diagnostics of the crisis state of industrial enterprise. The considered problem of creation of intellectual to the system of making decision of diagnostics of the crisis state of industrial technogenic enterprise in the conditions of vagueness.

Ключові слова: ДІАГНОСТИКА, КРИЗОВИЙ СТАН, НЕВИЗНАЧЕНІСТЬ, ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА, ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ.

Keywords: DIAGNOSTICS, CRISIS STATE, VAGUENESS, INTELLECTUAL SYSTEM, MAKING DECISION.

Вступ. Промислові об'єкти відносяться до класу складних виробничо-економічних систем, які в процесі свого цілеспрямованого або заданого функціонування знаходяться в динаміці і схильні до змін як контрольованих, так і неконтрольованих,

тобто стан ВЕС не завжди є стаціонарним і прогнозованим. Тому необхідна організація контролю і діагностики з метою подання ВЕС нормального функціонування з урахуванням еко-номіко-екологічних параметрів. Питання організації процедур діагностики, побудови моделей об'єктів, розробки алгоритмів і проектування конкретних автоматизованих систем діагностики широко відомі [1, 2]. Відзначимо, що діагностика ВЕС пов'язана із значними труднощами через ряд особливостей. Зважаючи за необхідність проведення діагностичних процедур безпосередньо в процесі експлуатації ВЕС частіше використовують методи функціональної діагностики. Велику складність в здійснення процедур діагностики вносить інерційність багатьох зв'язків (відносин). Складна функціональна зв'язаність параметрів виявляється в тому, що зміна значення якого-небудь параметра може бути викликане цілим рядом причин.

Істотну роль при цьому також грають помилки в управлінні, які обумовлюються труднощами забезпечення неперервного контролю за станом ВЕС, так і необхідністю зберігання, збору і переробки в реальному масштабі часу великого об'єму інформації, одночасним обліком безлічі різних чинників для діагностики, що часто перевищує можливості оператора-диспетчера. Таким чином, виходячи зі всього вищесказаного, можна зробити висновок про необхідність створення інтегрованих інтелектуальних комп'ютерних систем (ІКС) діагностики ВЕС, які б поєднували в собі властивості традиційних систем, що використовують «жорсткі» моделі і алгоритми, і такі ознаки інтелектуальних систем, як наявність бази знань (БЗ), доброзичливого інтерфейсу, логічного висновку, самонавчання. При цьому найбільший ефект можна одержати при інтеграції цих двох підходів в єдину систему [3]. В процесі діагностики технологічного стану ВЕС в екологічному моніторингу процедури пошуку причин порушень в безлічі неконтрольованих об'єктів, які відрізняються наявністю невизначеностей, їх доцільно реалізувати з використанням методів штучного інтелекту. Відсутність достатнього об'єму статистичних даних для встановлення об'єктивної залежності між значеннями ознак і діагнозів вірогідності обумовлює евристичний опис цієї залежності.

В загальному виді моделі об'єкту діагностики і каналів передачі інформації можна навести у вигляді наступних операторних рівнянь [3]:

$$F(x, u, w, a, t) = 0, y(t) = G(x, u, \xi_0, v, b, t), \quad (1)$$

де $x \in R^n$ – вектор стану;

$u \in R^r$ – вектор управління;

$y \in R^m$ – вектор вихідних змінних;

w, v – вектори обурень і перешкод (що входять до рівняння (1) як адитивна, так і мультиплікативна) [3];

a, b – вектори невизначених параметрів;

F, G – деякі задані оператори. Зокрема, в якості (1) можуть бути використані стохастичні диференціальні рівняння (лінійні або нелінійні, неперервні або дискретні), рівняння в часткових похідних, наприклад, для випадку обліку територіального розташування виробничих об'єктів. Практично реалізовані моделі для обробки і ідентифікації мають вигляд:

$$\dot{x}(t) = A(t, \theta)x + B(t, \theta)u + W(t), y(t) = C(t, \theta)x + V(t), \quad (2)$$

або, в дискретному випадку

$$y(k+1) = H(k)x(k) + V(k),$$

$$x(k+1) = \Phi(k+1, k, \theta)x + \psi(k+1, k)u(k) + W(k). \quad (3)$$

Контрольна умова (схема) діагностики звичайно є співвідношенням типу: $\mu(E(t)) < \delta$, (4) де $\mu(\cdot)$ – деяка задана метрика, наприклад, евклідова норма; δ – допустиме граничне значення, яке задається; $E(t)$ – незв'язність (відхилення) або виходу від норми, або оцінки стану від еталона, або оцінки параметрів від номінальних, або характеристик оцінок від можливих.

Інтелектуалізація й інтеграція системи діагностики. Як було відзначено у вступі, для підвищення ефективності і якості діагностики складних технічних систем, до яких і відносяться ВЕС, необхідно створити інтелектуальні і інтегровані комп'ютерні системи, засновані як на традиційних методах, так і на основі нових інформаційних технологій.

Постанова задачі діагностики в умовах нечіткої інформації. Нехай X_1, \dots, X_n – ряд ознак, за конкретними значеннями яких приймаються думки про суб'єктивну вірогідність діагнозів з

певного ряду діагнозів D_1, \dots, D_k . Кожний з $X_i, i = \overline{1, n}$ приймає значення з множини $X = \{x_{i1}, \dots, x_{im_i}, \dots, x_{ip_i}\}$. У момент t стан об'єкту описується вектором ознак:

$$X(t) = [X_1(t), \dots, X_n(t) | X_i(t) = X_{im_i}]^T, m_i = \overline{1, p_i}, \quad (5)$$

де $X(t)$ – реалізація ознаки X_i у нинішній момент t .

Вимагається визначити оцінку вірогідності (ступінь можливості) діагнозів

$$P_e(j): \forall j = 1, k: m_e(j) = m_e(D_j / X(t)), \quad (6)$$

де P_e – символ суб'єктивної вірогідності.

У роботі запропоновані декілька форм наведення експертних знань в системі діагностики.

Помітимо, що наведення інформації в моделі вимагає надалі додаткової процедури отримання для кожного діагнозу комплексної оцінки вірогідності $P_e(D_j / (X_1, \dots, X_n))$ шляхом узагальнення за певним правилом незалежних оцінок $P_e(D_j / X_i)$, одержаних за окремими ознаками.

На основі набору правил будується матриця нечітких відносин: $X_j R D_j$ або $R = \bigcup_{x \in X \in D} \mu_R(x, d) / (x, d)$.

Програма формування баз даних і знань системи діагностики ВЕС. Як результат досліджень була реалізована програма в системі програмування FOXPRO, яка готує дані у форматі експертної системи GURU. Програма працює в діалозі з Користувачем, реалізована у вигляді меню, що включає пункти: «База знань», «База даних», «Моделювання», «Експерт», «Сервіс», «Вихід». Кожний з пунктів має додаткове спливаюче меню.

Розроблене математичне і програмне забезпечення інтелектуальної системи діагностики кризового стану ВЕС з успіхом пройшло тестування і апробацію в реальних умовах.

Список використаних джерел

1. Рамазанов С. К. Инструменты эколого-экономического управления предприятием : [монографія] / Рамазанов С. К. – Донецк : ООО «Юго-Восток, Лтд», 2008. – 351 с.
2. Рамазанов С. К. Інноваційні технології антикризового управління економічними системами : монографія / С. К. Рамазанов, Г. О. Надьон, Н. І. Кришталь, О. П. Степаненко, Л. А. Тимашова ; під ред. проф. С. К. Рамазанова. – Луганськ – Київ : Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2009. – 584 с.
3. Рамазанов С. К. Ризики, безпека, кризи і сталий розвиток в економіці: методології, моделі, методи управління та прийняття рішень : монографія / Рамазанов С. К., Бурбело О. А., Вітлінський В. В. и др. ; під заг. ред. проф. С. К. Рамазанова. – Луганськ : Вид-во «Ноулідж», 2012. – 948 с.

УДК 004.67

ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТРЕНАЖЕРУ З ТЕМИ «АНАЛІЗ АЛГОРИТМУ СОРТУВАННЯ ВСТАВКАМИ» ДИСЦИПЛІНИ «АНАЛІЗ АЛГОРИТМІВ»

В. С. Русін, студент групи i-21i, напряму «Інформатика»
Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі»
vlad.rusin.poltava@gmail.com

Ю. Ф. Олексійчук, к. ф.-м. н., доцент кафедри математичного моделювання та соціальної інформатики
Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі»

В статті розглядається програмна реалізація графічного інтерфейсу тренажеру з алгоритму сортування вставками.

Rusin V. S., Oleksijchuk J. F. The article deals with the implementation of the GUI simulator sorting algorithm inserts.

Ключові слова: СОРТУВАННЯ, ОБРОБКА, ВСТАВКИ, ІНТЕРФЕЙС.

Keywords: SORT, PROCESSING, INSERTS, GUI.

В рамках курсової роботи було поставлено завдання виконати програмну реалізацію елементів тренажеру з теми «Аналіз алгоритмів сортування вставками». Було реалізовано графічний інтерфейс тренажеру.

Реалізація графічного інтерфейсу виконана за допомогою вільних фреймворків Bootstrap та jQuery. Тренажер цілком буде проектуватися на мові програмування JavaScript, яка буде взаємодіяти з різними елементами графічного інтерфейсу. Важливою перевагою JavaScript є те, що ця мова належить до інтерпретованих. Це дозволяє обробляти сценарії з достатньо високою швидкістю.

При створенні графічного інтерфейсу також використана мова розмітки сторінки HTML та каскадні таблиці стилей CSS. В сукупності цей набір є одним з основних складових будь-якого веб-сайту.

В основі програмної реалізації елементів тренажеру лежить завдання реалізувати зручний та зрозумілий графічний інтерфейс, який буде комфортним для користування користувачу.

В ході розробки було визначено основні елементи інтерфейсу. Загалом він складається з таких компонентів:

- поле з заголовком;
- код алгоритму сортування;
- поле з масивом, який сортується;
- історію дій;
- форму з питанням та підказками.

Ці елементи були розміщені на веб-сторінці та їх було адаптовано для правильного відображення на будь-якому дисплеї (мобільний телефон, планшетний комп'ютер, тощо).

Розроблений графічний інтерфейс містить всі базові елементи тренажеру. При його розробці було використано технології адаптивного дизайну, що дає змогу коректно відображати елементи інтерфейсу не лише на персональних комп'ютерах, а й на будь-якому пристрої.

Список використаних джерел

1. Хоган Б. HTML5 и CSS3. Веб-разработка по стандартам нового поколения / Хоган Б. – 4-е изд. – Санкт-Петербург : Изд. дом «Питер», 2010. – 260 с.
2. Романюк О. Н. Веб-дизайн і комп'ютерна графіка : навч. посіб. / О. Н. Романюк, Д. І. Кательніков, О. П. Косовець. – В. : ВНТУ, 2007. – 147 с.
3. CSS – Bootstrap 3 Documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://getbootstrap.com/css/>. – Назва з екрана.

МОНОГРАФІЯ «НОВІ ІНФОРМАЦІЙНІ ОПЕРАТОРИ В МАТЕМАТИЧНОМУ МОДЕЛЮВАННІ»

І. В. Сергієнко, д. ф.-м. н., академік НАН України
Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України
О. М. Литвин, д. ф.-м. н., професор
Українська інженерно-педагогічна академія

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА.

СПИСОК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ.

**ЧАСТИНА 1. КЛАСИЧНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ОПЕРАТОРИ В
МАТЕМАТИЧНОМУ МОДЕЛЮВАННІ.**

- 1.1. Математичні моделі на основі фундаментальних законів.
 - 1.1.1. Основні поняття математичного моделювання.
 - 1.1.2. Фундаментальні закони природи.
 - 1.1.3. Приклади моделей, отриманих з фундаментальних законів природи.
- 1.2. Математичні моделі на основі варіаційних принципів.
 - 1.2.1. Основні твердження варіаційного числення.
 - 1.2.2. Рівняння Ейлера-Лагранжа для мінімізації функціоналу.
 - 1.2.3. Рівняння руху у формі Лагранжа.
 - 1.2.4. Математична модель руху рідини: система рівнянь Нав'є-Стокса.
- 1.3. Математичні моделі складноформалізованих та складних об'єктів і явищ.
 - 1.3.1. Математичні моделі в медицині.
 - 1.3.2. Деякі моделі суперництва.
 - 1.3.3. Деякі моделі фінансових і економічних процесів.

**ЧАСТИНА 2. МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ НА ОСНОВІ
ІНТЕРЛІНАЦІЇ ФУНКЦІЙ.**

- 2.1. Інтерлінація функцій. Деякі типи операторів інтерлінації.
 - 2.1.1. Означення інтерлінації функцій. Приклади задач, які приводять до інтерлінації функцій.
 - 2.1.2. Поліноміальна інтерлінація без збереження класу диференційовності.

- 2.1.2.1. Явні формули для операторів поліноміальної інтерлінації функцій двох змінних на системі взаємно перпендикулярних прямих.
- 2.1.2.2. Найкраща в $L_1[-1,1]^2$ лагранжева поліноміальна інтерлінація функцій двох змінних на системі взаємно перпендикулярних прямих.
- 2.1.3. Раціональна інтерлінація функцій двох змінних без збереження класу диференційовності.
 - 2.1.3.1. Раціональна інтерлінація функцій двох змінних на перетинних прямих.
 - 2.1.3.2. Раціональна інтерлінація функцій двох змінних на трикутнику T .
- 2.1.4. Оператори сплайн-інтерлінації із заданими проєкціями на системі прямих, паралельних осям координат.
- 2.1.5. Інтерлінаційний метод скінчених елементів (ІМСЕ) розв'язання початково-крайових задач теплопровідності з двома просторовими змінними.
- 2.2. Методи побудови плоских зображень, що поступають з комп'ютерного томографа.
 - 2.2.1. Теореми Й. Радона та їх використання в комп'ютерній томографії.
 - 2.2.2. Оператори, що мають задані коефіцієнти Фур'є $a_j(f), j = 0, 1, \dots, n$ та одночасно інтерполюють функцію $f(x)$ в $r(r \geq 1)$ точках $x = x_k, k = 1, \dots, r$.
 - 2.2.3. Оператори, що мають задані коефіцієнти Фур'є $a_{ij}(f), i, j = 0, n$ і одночасно інтерполюють функцію $f(x, y)$ в r^2 точках $x = x_k, k = \overline{1, r}, y = y_\ell, \ell = \overline{1, r}$.
 - 2.2.4. Оцінка похибки наближення диференційовних функцій операторами сплайн-інтерполяції із даним значенням інтегралу

ЧАСТИНА 3. МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ НА ОСНОВІ ІНТЕРФЛЕТАЦІЇ ФУНКЦІЙ.

- 3.1. Інтерфлетація функцій. Деякі типи операторів інтерфлетації функцій.
 - 3.1.1. Інтерфлетація функцій. Задачі прикладного характеру, що приводять до інтерфлетації функцій трьох змінних.

- 3.1.2. Раціональна інтерфлетація на M площинах в R^n , $n \geq 3$.
- 3.1.2.1. Раціональна інтерфлетація на M площинах без збереження класу $C^r(R^n)$, $n \geq 3$.
- 3.1.2.2. Раціональна інтерфлетація $f(x, y, z)$ на системі площин із збереженням класу $C^r(R^3)$.
- 3.1.3. Поліноміальна інтерфлетація на системі взаємно перпендикулярних площин.
- 3.1.3.1. Інтерфлетація на системі $n(n=3)$ площин, паралельних координатним.
- 3.1.3.2. Лагранжева інтерфлетація на системі площин, паралельних координатним.
- 3.1.4. Сплайн-інтерфлетація на системі взаємно перпендикулярних площин, паралельних координатним площинам.
- 3.1.5. Сплайн-інтерлінація на основі інтерфлетації.
- 3.1.6. Інтерфлетація функцій на паралелепіпедах та тетраедрах з однією криволінійною гранню.
- 3.2. Томографічні методи з використанням інтерфлетації функцій трьох змінних.
- 3.2.1. Математичне моделювання в комп'ютерній томографії з використанням раціональної інтерфлетації на M площинах за відомими томограмами на цих площинах без збереження класу $C^r(R^3)$.
- 3.2.2. Математичне моделювання в комп'ютерній томографії з використанням раціональної інтерфлетації за відомими томограмами, заданими на системі будь-яких площин із збереженням класу $C^r(R^3)$.
- 3.2.3. Математичне моделювання в комп'ютерній томографії з використанням оператора поліноміальної інтерфлетації функцій трьох змінних, якщо відомі томограми на системі перерізаних площин.
- 3.2.4. Відновлення тривимірної функції за допомогою економних схем інтерполяції функції, що побудовані за допомогою інтерфлетації.

3.2.5. Відновлення тривимірних об'єктів за їх томограмами на системі трьох груп перерізаних площин з використанням інтерфлетації функцій.

3.3. Метод ЛІДР.

ЧАСТИНА 4. МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ НА ОСНОВІ ІНТЕРСТРІПАЦІЇ ТА ІНТЕРЛОКАЦІЇ ФУНКЦІЙ.

4.1. Інтерстріпація функцій.

4.1.1. Методи відновлення зображень.

4.1.2. Математичне моделювання освітленості поверхні тіла операторами інтерстріпації між паралельними смугами.

4.1.3. Математичне моделювання освітленості поверхні тіла операторами інтерстріпації між взаємноперпендикулярними смугами, розташованими у певному порядку.

4.1.4. Математичне моделювання освітленості поверхні тіла операторами інтерстріпації між взаємноперпендикулярними смугами.

4.1.5. Чисельна реалізація методу інтерстріпації функцій двох змінних.

4.1.5.1. Чисельна реалізація методу інтерстріпації функцій між паралельними горизонтальними смугами.

4.1.5.2. Чисельна реалізація методу інтерстріпації функцій між паралельними вертикальними смугами.

4.1.5.3. Чисельна реалізація методу інтерстріпації функцій між взаємноперпендикулярними смугами, розташованих у певному порядку.

4.1.5.4. Чисельна реалізація методу інтерстріпації функцій між взаємноперпендикулярними смугами.

4.2. Інтерлокація функцій.

ЧАСТИНА 5. МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ НА ОСНОВІ МІШАНОЇ АПРОКСИМАЦІЇ ФУНКЦІЙ.

5.1. Наближення функції двох змінних, заданої значеннями в точках або слідами на системі взаємно перпендикулярних прямих, сумами добутоків функцій однієї змінної.

- 5.1.1. Наближення функції $f(x, y)$, заданої слідами на системі взаємно перпендикулярних прямих, сумами добутоків функцій однієї змінної в нормі $L_2[0, 1]^2$.
- 5.1.2. Наближення функції $f(x, y)$, заданої значеннями $f(x_i, y_j)$, $0 \leq i, j \leq M$, сумами добутоків функцій однієї змінної.
- 5.1.3. Наближення функції $f(x, y)$, заданої слідами на системі взаємно перпендикулярних прямих з похибками, сумами добутоків функцій однієї змінної.
- 5.2. Апроксимація функцій двох змінних з допомогою операторів класичної, мішаної та узагальненої двовимірної вейвлет-апроксимації.
 - 5.2.1. Наближення функцій однієї змінної вейвлетами Хаара та деякі аспекти їх чисельної реалізації.
 - 5.2.2. Класична вейвлет-апроксимація функцій двох змінних.
 - 5.2.3. Мішана вейвлет-апроксимація функцій двох змінних.
 - 5.2.4. Узагальнена двовимірна вейвлет-апроксимація функцій двох змінних, побудована на основі мішаної апроксимації вейвлетами Хаара.
 - 5.2.5. Використання мішаної апроксимації кусково-сталими сплайнами для опису 2D образів.
 - 5.2.5.1. Методи наближення функцій однієї змінної кусково-сталими сплайнами.
 - 5.2.5.2. Методи наближення функцій двох змінних кусково-сталими сплайнами.
 - 5.2.5.3. Оптимальна апроксимація кусково-сталими сплайнами двох змінних.
 - 5.2.6. Мішана апроксимація функцій трьох змінних (загальний випадок).
- 5.3. Томографічні методи з використанням мішаної апроксимації функцій двох та трьох змінних.
 - 5.3.1. Просторова математична модель 3D тіла за допомогою рентгенівських знімків в двох взаємно перпендикулярних напрямках.

5.3.2. Просторова математична модель 3D тіла за допомогою рентгенівських знімків в трьох взаємно перпендикулярних напрямках.

5.3.3. Просторова математична модель 3D тіла за допомогою томограм на взаємно перпендикулярних площинах, паралельних координатним з використанням поліномів Бернштейна.

5.3.4. Просторова математична модель структури плоского тіла за допомогою коефіцієнтів Фур'є.

ЧАСТИНА 6. ЦИФРОВА ОБРОБКА БАГАТОВИМІРНИХ СИГНАЛІВ

6.1. Оптимальні за порядком точності кубатурні формули обчислення інтегралів від швидкоосцилюючих функцій двох змінних.

6.1.1. Цифрова обробка сигналів: сутність, методологія.

6.1.2. Означення оптимальних та близьких до них оптимальних алгоритмів та одновимірних кубатурних формул.

6.1.3. Оптимальні за порядком точності кубатурні формули обчислення інтегралів від швидкоосцилюючих функцій двох змінних.

6.1.3.1. Для випадку, коли інформація задана слідами функції $f(x, y)$ на лініях.

6.1.3.2. Для випадку, коли інформація задана слідами функції $f(x, y)$ на оптимально вибраних лініях

на класі функцій $L_1[-1, 1]^2$.

6.2. Оптимальні за порядком точності кубатурні формули обчислення інтегралів від швидкоосцилюючих функцій трьох змінних.

6.2.1. Для випадку, коли інформація задана слідами функції $f(x, y, z)$ на площинах.

6.2.2. Для випадку, коли інформація задана слідами функції $f(x, y, z)$ на оптимально вибраних площинах на

класі функцій $L_1[-1, 1]^3$.

6.2.3. Для випадку, коли інформація задана значеннями функції $f(x, y, z)$ в точках.

6.2.3.1. Для класу $H_1^{3,r}(M, \overline{M}, \widetilde{M})$, $r=1,2$ на основі лінійних інтерполянтів, побудованих з використанням інтерфлетації функцій.

6.2.3.2. Для класу $H_1^{3,r}(M)$, $r=1,2$ на основі кусково-сталих та лінійних класичних інтерполянтів.

6.2.3.3. Про переваги кубатурних формул з використанням кусково-сталих та лінійних інтерполянтів, побудованих з використанням інтерфлетації функцій.

6.2.4. Для випадку, коли інформація задана слідами функції $f(x, y, z)$ на площинах, що розбивають область на паралелепіпеди.

ЧАСТИНА 7. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТРИВИМІРНИХ ТІЛ, СТРУКТУРА ЯКИХ ЗМІНЮЄТЬСЯ З ЧАСОМ, ЗА ДОПОМОГОЮ ТОМОГРАФІЧНИХ МЕТОДІВ.

7.1. Методи розв'язання 4D комп'ютерної томографії.

7.1.1. Алгебраїчні та аналітичні методи відновлення динамічного тривимірного тіла при конусно-променевій томографії.

7.1.2. Методи відновлення динамічного тривимірного тіла при віяльній томографії.

7.2. Математичне моделювання динамічної внутрішньої структури тривимірного тіла.

7.2.1. Побудова чотиривимірної математичної моделі динамічної внутрішньої структури тривимірного тіла.

7.2.2. Обчислювальний експеримент.

ПІСЛЯМОВА.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК.

РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ІНТЕРАКТИВНОЇ ПЕРЕВІРКИ ПРОГРАМНИХ КОДІВ У СИСТЕМІ ОНЛАЙН-ОСВІТИ «МАТЕМАТИКА.УКР»

Г. В. Славко, к. т. н., доцент
Кременчуцький національний університет імені Михайла
Остроградського
osvita@primat.org

Розглядаються можливості та переваги інтерактивної перевірки програмних кодів (c++, c, free pascal, python) у системі дистанційної онлайн-освіти «Математика.укр».

Slavko G. V. Possibilities and advantages of online estimation of a program code (c ++, c, free pascal, python) in the system of e-learning on a base of Moodle platform are investigated.

Ключові слова: ДИСТАНЦІЙНА ОСВІТА, ІНФОРМАТИКА, ПРИКЛАДНА МАТЕМАТИКА, C++, PYTHON, MOODLE.

Keywords: INFORMATICS, MOODLE, E-LEARNING, C++, PYTHON, APPLIED MATHEMATICS.

Організація навчального процесу у вищих навчальних закладах України в умовах перерозподілу співвідношення аудиторної та самостійної роботи студента у пропорції 1/3 потребує технічної та програмної бази для контролю за самостійною роботою студентів, її обліку та оцінювання. Ця задача ускладнюється для математичних та комп'ютерних дисциплін, які потребують інтерактивної взаємодії студента з онлайн-системою. Мова йде про швидку автоматичну відповідь системи на спроби студента розв'язати математичну задачу чи відправити на перевірку код програми. Такі можливості, у поєднанні з повідомленнями про помилки, підказками, дозволять студенту після коригування зробити повторну спробу і зменшити витрати часу на очікування результатів перевірки завдання.

На кафедрі інформатики і вищої математики Кременчуцького національного університету розроблено та впроваджено систему онлайн-освіти «Математика.Укр», побудовану на базі освітньої платформи Moodle з використанням спеціалізованих плагінів інтерактивної компіляції програмних кодів та онлайн-перевірки результатів їх відпрацювання. Онлайн-система дозволяє у режимі реального часу приймати на перевірку коди програм, напи-

саних студентами у якості відповідей на завдання для самостійної роботи, виконувати їх онлайн-компіляцію та оцінювати правильність роботи. У разі правильності виконання завдання студент отримує оцінку та коментарі за результатами оцінювання. Якщо код програми має помилки компіляції (синтаксичні помилки), то надається відповідне повідомлення з посиланнями на рядки з помилками та їх тип. У разі алгоритмічних помилок, які не дозволяють пройти усі тести, студент отримує зниження балів та підказки про ймовірні помилки алгоритму. Система зберігає коди програм для усіх спроб та дозволяє викладачу аналізувати коди відповідей у подальшому у ручному режимі та виконувати у разі потреби переоцінювання результатів автоматичного оцінювання.

Наразі реалізовано автоматичне тестування програм для наступних мов програмування: free pascal, c++, c, python. Система пройшла апробацію (учасниками тестування є понад 800 студентів), показала досить стабільну роботу. Ознайомитись з роботою системи можна онлайн за наступним посиланням [1]. Слід зазначити, що наразі з використанням зазначеної системи онлайн тестування проводиться олімпіада з програмування (учасникам пропонується розв'язати 20 задач): [2].

Головна перевага та новизна запропонованої системи онлайн-тестування полягає у поєднанні переваг технологій платформи Moodle та систем онлайн-компіляції і онлайн виконання коду програм (типу ideone.com). Також для зручності розроблено власний онлайн-компілятор, який підключено до системи у навчальному режимі, що дає змогу студентам тренуватися перед здачею завдань системі тестування. Крім того, реалізовано систему ідентифікації студентів під час виконання завдань з використанням ip, таргетингу, моніторингу одночасності входу в систему та ін., що дозволяє оцінювати ймовірність самостійного виконання роботи. Для спрощення роботи викладача під час розробки тестових задач, що потребують використання математичних формул, та онлайн обміну повідомленнями у системі в режимі консультування студентів, розроблено власний плагін візуального онлайн редактора математичних формул, який може бути встановлений у будь-яку систему дистанційного навчання на базі Moodle. Завантажити плагін можна за посиланням [3].

Вивчення результатів апробації та впровадження інтерактивного тестування кодів показало, що такий підхід дозволяє економити час викладача на перевірку самостійної роботи студен-

тів та зосередитися під час аудиторних занять на найбільш складних задачах, отримуючи статистику розподілення балів, витраченого часу та кількості спроб. Система корисна також для навчання студентів першого курсу з різним базовим рівнем підготовки у школі, оскільки дозволяє коригувати індивідуально темп навчання та пропонувати студентам задачі різного рівня складності в залежності від рівня підготовки студентів. У викладача є можливість збільшити кількість прикладів та задач, які розглядаються у курсі, оскільки є можливість автоматизувати їх перевірку, що зазвичай потребує значних часових витрат (аналіз у ручному режимі кодів з помилками – складна задача).

Оцінка впливу впровадженої системи інтерактивного оцінювання на якість навчання студентів свідчить про її безумовну корисність та перспективність подальшого розвитку.

Список використаних джерел

1. Електронний курс ООЕІ [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://математика.укр/course/view.php?id=9>. – Назва з екрана.
2. Олімпіада з програмування [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://математика.укр/course/index.php?categoryid=17>. – Назва з екрана.
3. Плагін Moodle – редактор формул [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://primat.org/load/33-1-0-437>. – Назва з екрана.

УДК 004.424+004.9+004.5

РОЗРОБКА ТРЕНАЖЕРА З ТЕМИ «НОРМАЛЬНІ АЛГОРИТМИ» ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАЛЬНОГО КУРСУ «ТЕОРІЯ АЛГОРИТМІВ»

О. В. Сокол, студент І-21ї

Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі»

socol@gmail.com

О. О. Черненко, к. ф.-м. н., доцент

Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі»

oksanachernenko7@gmail.com

В публікації розглядається алгоритмізація тренажеру з теми «Нормальні алгоритми».

Sokol O. V., Chernenko O. O. In the article the algorithm simulator «Normal algorithms» is considered.

Ключові слова: НОРМАЛЬНІ АЛГОРИТМИ, ДИСТАНЦІЙНЕ НАВЧАННЯ, ТРЕНАЖЕР.

Keywords: NORMAL ALGORITHMS, DISTANCE LEARNING, TUTOR.

Основним завданням роботи є розробка алгоритму тренажеру з теми «Нормальні алгоритми» дистанційного навчального курсу «Теорія алгоритмів». Планується, що алгоритм тренажеру, який розробляється в рамках роботи, буде запрограмовано та використовуватиметься, як складова дистанційного курсу «Теорія алгоритмів», а отже, необхідно врахувати можливість інтеграцій тренажеру до системи дистанційного навчання Moodle, на якій власне розміщуються дистанційні курси. Розглянемо основні завдання, які ставилися в роботі:

- розглянути теоретичні відомості по алгоритмам Маркова [1];
- розробити алгоритм тренажера з теми «Нормальні алгоритми».

Алгоритм тренажера розроблено з метою тренінгу теоретичних та практичних умінь і навичок студента. Він передбачає проходження студентом всіх кроків алгоритму розв'язування завдань, а також автоматизацію перевірки правильності кожного з кроків та сповіщення про це студента.

Тренажер надає можливість вибору декількох завдань. Розглянемо алгоритм тренінгу на одному прикладі.

Користувачу відображується головне вікно програми, де знаходиться інформація щодо назви тренінгу та є можливість переглянути теоретичний матеріал, а також кнопка «Почати тренінг». При натисненні на неї користувачу випадковим чином відображається одне з трьох завдань. Розглянемо алгоритм роботи тренажера.

Крок 1. Користувач у відображається завдання «В алфавіті $E = \{a, b\}$ задано алгоритм Маркова схемою підстановок:

$$S = \begin{cases} ab \rightarrow bb, \\ aaa \rightarrow .a, \\ ba \rightarrow aa. \end{cases}$$

Застосувати його до слова $X = abba$.»

Перед користувачем є можливість вибору двох кнопок «Розв'язати задачу» та «Вихід з системи». Якщо користувач натиснув кнопку «Розв'язати задачу» – перехід на крок 2 алгоритму, якщо «Вихід з системи» – завершення роботи тренінгу. Умова завдання відображається користувачеві протягом всього тренінгу.

Крок 2. Користувачеві відображається запитання «Відповідно до схеми нормального алгоритму оберіть підстановку, яку необхідно застосувати до слова $X = abba$ ». Користувачу необхідно із заданого переліку підстановок обрати правильну. Якщо підстановку обрано правильно, тобто $ab \rightarrow bb$ – перехід на наступний крок, в іншому випадку відображається повідомлення про помилку: «На першому етапі необхідно обрати підстановку $ab \rightarrow bb$ ».

Крок 3. Користувачу відображається запитання «Яку із підстановок потрібно застосувати до слова $X_1 = bbba$ на даному етапі?» та наводяться варіанти:

Першу – $ab \rightarrow bb$,

Другу – $aaa \rightarrow a$,

Третю – $ba \rightarrow aa$.

Якщо користувач обирає третій варіант, він переходить на наступний крок, інакше з'являється повідомлення про помилку: «Перша і друга підстановки до слова X_1 не застосовні, необхідно обрати третю».

Крок 4. Користувачу відображається повідомлення «Оберіть слово, яке отримане з $X_1 = bbba$ при застосуванні підстановки $ba \rightarrow aa$ », та наводяться варіанти:

$X_2 = bbba$,

$X_2 = bbaa$,

$X_2 = baaa$.

Якщо користувач обрав другий варіант – перехід на наступний крок, інакше – повідомлення про помилку «За третьою підстановкою $ba \rightarrow aa$ зі слова $X_1 = bbba$ одержимо слово $X_2 = bbaa$ ».

Крок 5. Користувачу відображається повідомлення «Із запропонованих варіантів оберіть правильний: До слова $X_2 = bbaa$ необхідно

Застосувати першу підстановку – $ab \rightarrow bb$,

Застосувати другу підстановку – $aaa \rightarrow .a$,

Застосувати третю підстановку – $ba \rightarrow aa$,

Зупинка роботи алгоритму.

Якщо користувач обирає третій варіант – перехід на наступний крок, інакше з'являється повідомлення про помилку «Перша і друга підстановки до слова X_2 не діють, необхідно обрати третю».

Крок 6. Користувачу відображається повідомлення «Оберіть слово, яке отримане з $X_2 = bbaa$, при застосуванні підстановки $ba \rightarrow aa$ », та наводяться варіанти:

$$X_3 = bbba$$

$$X_3 = bbaa$$

$$X_3 = baaa.$$

Якщо користувач обрав третій варіант – перехід на наступний крок, інакше – повідомлення про помилку «За третьою підстановкою $ba \rightarrow aa$ зі слова « $bbaa$ » одержимо слово $X_3 = baaa$ ».

Крок 7. Користувачу відображається повідомлення «Із запропонованих варіантів оберіть правильний: До слова $X_3 = baaa$ необхідно

Застосувати першу підстановку – $ab \rightarrow bb$,

Застосувати другу підстановку – $aaa \rightarrow .a$,

Застосувати третю підстановку – $ba \rightarrow aa$,

Зупинка роботи алгоритму.

Якщо користувач обирає третій варіант – перехід на наступний крок, інакше – повідомлення про помилку «До слова $X_3 = baaa$ застосовні друга і третя підстановки, причому спочатку повинна виконуватися третя підстановка».

Крок 8. Користувачу відображається повідомлення «Оберіть слово, яке отримане з $X_3 = baaa$, при застосуванні підстановки $ba \rightarrow aa$ ». Користувачам наводяться варіанти:

$$X_4 = ba,$$

$$X_4 = bbaab,$$

$$X_4 = aaaa.$$

Якщо користувач обрав третій варіант – перехід на наступний крок, інакше – повідомлення про помилку «Слово «baaa» переходить у слово $X_4 = aaaa$ відповідно до підстановки $ba \rightarrow aa$ ».

Крок 9. Користувачу відображається запитання «Яку із підстановок потрібно застосувати до слова $X_4 = aaaa$ на даному етапі?» та наводяться варіанти:

Першу – $ab \rightarrow bb$,

Другу – $aaa \rightarrow .a$,

Третю – $ba \rightarrow aa$.

При виборі другого варіанту користувач переходить на наступний крок, інакше – повідомлення про помилку «Перша і третя підстановки до слова X_4 не діють, необхідно обрати другу».

Крок 10. Користувачу відображається повідомлення «Оберіть слово, яке отримане з $X_4 = aaaa$, при застосуванні підстановки $aaa \rightarrow .a$ ». Користувачам наводяться варіанти:

$X_5 = bbba$,

$X_5 = bbaa$,

$X_5 = aa$.

Якщо користувач обрав третій варіант – перехід на наступний крок, інакше – повідомлення про помилку «За другою підстановкою $aaa \rightarrow .a$ зі слова «aaaa» одержимо слово $X_5 = aa$ ».

Крок 11. Користувачу відображається повідомлення «Із запропонованих варіантів оберіть правильний» та наводяться варіанти:

Застосувати першу підстановку – $ab \rightarrow bb$,

Застосувати другу підстановку – $aaa \rightarrow .a$,

Застосувати третю підстановку – $ba \rightarrow aa$,

Зупинка роботи алгоритму.

Якщо користувач обирає четвертий варіант – перехід на наступний крок, інакше повідомлення про помилку «На попередньому кроці до слова була застосована заключна підстановка, отже, відбулася зупинка роботи алгоритму».

Крок 12. Користувачу відображується можливість продовжити тренінг або завершити його роботу.

Таким чином, в роботі розроблено алгоритм тренажера з теми «Нормальні алгоритми» дистанційного курсу «Теорія програмування».

Список використаних джерел

1. Игошин В. И. Математическая логика и теория алгоритмов : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / В. И. Игошин. – 2-е изд., стер. – Москва : Изд. центр «Академия», 2008. – 448 с.

УДК 519.6

ОДНА ТЕОРЕМА ПРО ВИБІР ПАРАМЕТРІВ У ФОРМУЛІ ЕРМІТОВОЇ ІНТЕРЛІНАЦІЇ ІЗ ЗБЕРЕЖЕННЯМ КЛАСУ ДИФЕРЕНЦІЙОВАНOSTІ

Н. Л. Сосницька, магістр

Бердянський державний педагогічний університет, спеціальність – математика
sosnickaya19@rambler.ru

Науковий керівник: О. М. Литвин, д. ф.-м. н., професор

Українська інженерно-педагогічна академія

academ_mail@ukr.net

Досліджуються питання про вибір параметрів у формулах інтерлінації з автоматичним збереженням класу диференційованості.

Sosnitskaya N. L. This paper examines of selecting the parameters in the formulas interlineations with preservation class differentiation.

Ключові слова: ФОРМУЛА ТЕЙЛОРА, ФОРМУЛА ЕРМІТОВОЇ ІНТЕРЛІНАЦІЇ, ЗБЕРЕЖЕННЯ КЛАСУ ДИФЕРЕНЦІЙОВАНOSTІ.

Keywords: TAYLOR'S FORMULA, EHMITIAN INTERLINEATION FORMULA, SAVING OF DIFFERENTIATION.

В [1] запропоновані і досліджені формули для операторів відновлення функцій двох змінних з використанням їх слідів та слідів їх частинних похідних за змінною y на одній лінії або на системі неперетинних ліній. У вказаних формулах вважаються заданими параметри $\beta_{s,i}, 0 \leq s, i \leq N$ за допомогою яких знаходяться невідомі коефіцієнти $\lambda_{s,i}, 0 \leq s, i \leq N$ шляхом розв'язання відповідних систем лінійних алгебраїчних рівнянь.

В даній доповіді формулюється теорема про вибір інтервалу $[-b, b]$, якому належать всі параметри β_i у формулі, що визначається в теоремі.

Оператор Тейлора за однією змінною

$$T_N f(x, y) = \sum_{s=0}^N f^{(0,s)}(x, \gamma(x)) \frac{(y - \gamma(x))^s}{s!},$$

$$f^{(0,s)}(x, \gamma(x)) = \left. \frac{\partial^s f(x, y)}{\partial y^s} \right|_{y=\gamma(x)}$$

має властивості

$$\left. \frac{\partial^q T_N f(x, y)}{\partial y^q} \right|_{y=\gamma(x)} = \left. \frac{\partial^q f(x, y)}{\partial y^q} \right|_{y=\gamma(x)}, 0 \leq q \leq N$$

$$f \in C^r(R^2) \cap \bigcap_{s=0}^N f^{(0,s)}(x, \gamma(x)) \in C^{r-s}(R), 0 \leq s \leq N \leq r$$

$$\Rightarrow T_N f \in C^{r-N}(R^2)$$

Тобто цей оператор, який є класичним узагальненням оператора Тейлора, за змінною y не зберігає клас диференційовності $C^r(R^2)$. Це твердження, зокрема, виконується для функцій

$$f(x, y) = |x + y - 1|^{2q+1} \in C^{2q}(R^2), f \notin C^{2q+1}(R^2), q = 0, 1, \dots$$

Але оператор

$$O_N f(x, y) = \sum_{\ell=1}^N \lambda_{0,\ell} f(x + \beta_{0,\ell}(y - \gamma(x)), \gamma(x)) +$$

$$+ \sum_{s=1}^N \sum_{\ell=1}^N \lambda_{s,\ell} \int_0^{x+\beta_{s,\ell}(y-\gamma(x))} f^{(0,s)}(t, \gamma(t)) \frac{(x + \beta_{s,\ell}(y - \gamma(x)) - t)^{s-1}}{(s-1)!} dt,$$

де $\beta_{s,\ell} \in [-1,1], s = \overline{0,N}, \ell = \overline{0,N}$ – задані різні числа, невідомі $\lambda_{s,\ell}, s = \overline{0,N}, \ell = \overline{0,N}$ для кожного цілого $s \in [0, N]$ знаходяться шляхом розв’язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь

$$\sum_{\ell=1}^N \lambda_{s,\ell} (\beta_{s,\ell})^p = \delta_{p,s}, 0 \leq p \leq N.$$

Теорема 1. Оператор $O_N f$ має властивості

$$f \in C^r(R^2) \cap f^{(0,s)}(x, \gamma(x)) \in C^{r-s}(R), s = \overline{0,N} \Rightarrow O_N f \in C^r(R^2)$$

$$\left. \frac{\partial^q O_N f(x, y)}{\partial y^q} \right|_{y=\gamma(x)} = \left. \frac{\partial^q f(x, y)}{\partial y^q} \right|_{y=\gamma(x)}, 0 \leq q \leq N, N \leq r.$$

Теорема 2. Якщо параметри $\beta_i \in [-1,1], 1 \leq b < \infty, i = \overline{0,N}$ у формулі $O_N f(x, y)$ замінити на $b\beta_i, i = \overline{0,N}$, то коефіцієнти $\lambda_{s,i}$ заміняться на $\lambda_{s,i} b^{-s}, 0 \leq s, i \leq N$. Тобто, $\lambda_{0,i} b^{-s}, 0 \leq i \leq N$ не залежить від b . Наприклад, для $N=1$, то $\lambda_{0,0} = \frac{\beta_1}{\beta_1 - \beta_0}, \lambda_{0,1} = \frac{-\beta_0}{\beta_1 - \beta_0}$.

$$\lambda_{1,0} = \frac{-1}{\beta_1 - \beta_0}, \lambda_{1,1} = \frac{1}{\beta_1 - \beta_0}.$$

Для $N=2$

$$\begin{aligned} \lambda_{0,0} &= \frac{\beta_1 \beta_2}{\beta_0^2 - \beta_0 \beta_1 - \beta_0 \beta_2 + \beta_1 \beta_2} \lambda_{0,0} = \frac{\beta_1 + \beta_2}{\beta_0^2 - \beta_0 \beta_1 - \beta_0 \beta_2 + \beta_1 \beta_2} \lambda_{2,0} = \frac{1}{\beta_0^2 - \beta_0 \beta_1 - \beta_0 \beta_2 + \beta_1 \beta_2} \\ \lambda_{0,1} &= \frac{\beta_0 \beta_2}{\beta_0^2 - \beta_0 \beta_1 - \beta_0 \beta_2 + \beta_1 \beta_2} \lambda_{1,1} = \frac{\beta_0 + \beta_2}{\beta_0^2 - \beta_0 \beta_1 - \beta_0 \beta_2 + \beta_1 \beta_2} \lambda_{2,1} = \frac{1}{\beta_0^2 - \beta_0 \beta_1 - \beta_0 \beta_2 + \beta_1 \beta_2} \\ \lambda_{0,2} &= \frac{\beta_0 \beta_1}{\beta_0^2 - \beta_0 \beta_1 - \beta_0 \beta_2 + \beta_1 \beta_2} \lambda_{1,2} = \frac{\beta_0 + \beta_1}{\beta_0^2 - \beta_0 \beta_1 - \beta_0 \beta_2 + \beta_1 \beta_2} \lambda_{2,2} = \frac{1}{\beta_0^2 - \beta_0 \beta_1 - \beta_0 \beta_2 + \beta_1 \beta_2} \end{aligned}$$

Висновок. Таким чином, з теореми 2 випливає, що параметри β_i можна вибирати із інтервалу $[-1,1]$.

Список використаних джерел

1. Литвин О. М. Побудова та дослідження оператора наближення функцій двох змінних із збереженням класу диференційовності за слідами їх похідних до фіксованого порядку на заданій лінії / І. В. Сергієнко, О. М. Литвин, О. О. Литвин, О. В. Ткаченко, О. Л. Грицай // Проблеми машинобудування. – 2016. – Т. 19, № 2. – С. 50–57.

УДК 004.4

ПРО РОЗРОБКУ ТРЕНАЖЕРА ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАЛЬНОГО КУРСУ «ДИСКРЕТНА МАТЕМАТИКА» З ОБЧИСЛЕННЯ БУЛЕВИХ ФУНКЦІЙ

Ю. В. Стасюк, студентка напряму «Інформатика»

Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі»

Т. О. Парфьонова, к. ф.-м. н., доцент

Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі»

lara@mail.ru

В доповіді розглядається створення алгоритму та програмного забезпечення тренажера з теми «Обчислення булевих функцій» дистанційного курсу «Дискретна математика».

Stasuk U. V., Parfonova T. O. In the report the algorithm and implementation of the simulator «Calculation of Boolean functions» for distance learning course Discrete mathematic are considered.

Ключові слова: ДИСКРЕТНА МАТЕМАТИКА, БУЛЕВІ ФУНКЦІЇ, ТРЕНАЖЕРИ, АЛГОРИТМ.

Keywords: DISCRETE MATHEMATIC, BOOLEAN FUNCTION, SIMULATOR, ALGORITHM.

Серед різних програмних продуктів, що забезпечують навчальний процес особливе місце займають саме програмні тренажери, які дозволяють сформувати у студентів практичні навички на основі вивченого теоретичного матеріалу.

Тренажер створено як інтерактивна програма по розв'язуванню наступних задач: складання таблиці відповідності для заданої булевої функції, обчислення булевої функції на всіх наборах значень булевих змінних, обчислення булевої функції

на заданому наборі значень булевих змінних, доведення рівносильності формул. Розглянемо алгоритм однієї з них.

Завдання 4. За допомогою елементарних перетворень довести наступну рівносильність $x + y \equiv x \wedge y \vee x \wedge y$.

На кожному кроці в разі неправильної відповіді з'являється повідомлення про помилку та правильна відповідь. Якщо відповідь правильна – перехід на наступний крок.

Алгоритм до завдання 4. Крок 1. На екрані: «Як називається булева функція $x + y$? Вибрати одну правильну відповідь». Варіанти відповіді: кон'юнкція, імплікація, сума за модулем 2, диз'юнкція, еквівалентність, заперечення. Повідомлення про помилку: «Вибір неправильний. Булева функція $x + y$ має назву – сума за модулем 2».

Крок 2. На екрані: «Запереченням якої булевої функції є функція $x + y$? Вибрати одну правильну відповідь». Варіанти відповіді: кон'юнкція, імплікація, стрілка Пірса, диз'юнкція, еквівалентність, штрих Шеффера. Повідомлення про помилку: «Вибір помилковий. Функція $x + y$ є запереченням еквівалентності, тобто $x + y \equiv x \sim y$ ».

Крок 3. На екрані: «Яку рівносильність можна вибрати для перетворення еквівалентності до вигляду, де використовуються лише такі булеві функції, як диз'юнкція, кон'юнкція та заперечення?». Варіанти відповіді: $x \sim y \equiv (x \vee y) \wedge (\bar{x} \vee \bar{y})$, $x \sim y \equiv \bar{x} \vee y$, $x \sim y \equiv \bar{x} \wedge y \vee \bar{y} \wedge x$, $x \sim y \equiv (\bar{x} \vee y) \wedge (x \vee \bar{y})$. Повідомлення про помилку: «Помилка. Правильна відповідь – $x \sim y \equiv (\bar{x} \vee y) \wedge (x \vee \bar{y})$ ».

Крок 4. На екрані: «Заперечення кон'юнкції можна перетворити, використовуючи наступну властивість. Вибрати один варіант». Варіанти відповіді: закон подвійного заперечення, правила де Моргана, асоціативність, дистрибутивність, закон логічного протиріччя, закон виключення третього. Повідомлення про помилку: «Заперечення кон'юнкції можна перетворити, використовуючи правила де Моргана».

Крок 5. На екрані: «Правила де Моргана визначаються наступними рівносильностями. Вибрати правильні варіанти відповіді». Варіанти відповідей: $a \wedge b \equiv a \vee \bar{b}$, $a \vee b \equiv a \wedge \bar{b}$,

$\overline{a \vee b} \equiv \overline{a} \wedge \overline{b}$, $\overline{a \wedge b} \equiv \overline{a} \vee \overline{b}$. Повідомлення про помилку: «Вибір помилковий. Правила де Моргана визначаються умовами: $\overline{a \wedge b} \equiv \overline{a} \vee \overline{b}$ та $\overline{a \vee b} \equiv \overline{a} \wedge \overline{b}$ ».

Крок 6. На екрані: «Застосувавши правила де Моргана, заповнити клітинки, виконавши вибір із списку». Варіанти відповіді: (рис. 1).

$$\overline{(x \vee y)} \vee \overline{(x \vee y)} = \boxed{1} \boxed{\vee} \boxed{2} \boxed{\vee} \boxed{3} \boxed{\vee} \boxed{4} \boxed{\vee} \boxed{5} \boxed{\vee} \boxed{6} \boxed{\vee} \boxed{7} \boxed{\vee}$$

Рисунок 1 – Крок 6 алгоритму

Варіанти вибору для кожної клітини: 1 та 5 – \overline{x} та \overline{x} ; 3 та 7 – \overline{y} та \overline{y} ; 2, 4, 6 – \wedge та \vee . Повідомлення про помилку: «Допущено помилку. Правильна відповідь за правилами де Моргана – $\overline{(x \vee y)} \vee \overline{(x \vee y)} \equiv \overline{x} \wedge \overline{y} \vee \overline{x} \wedge \overline{y}$ ».

Крок 7. На екрані: «Яка умова відповідає закону подвійного заперечення? Вибрати один варіант відповіді.» Варіанти відповіді: $\overline{a} \equiv a$, $\overline{a} \equiv \overline{a}$. Повідомлення про помилку: «Вибір неправильний. Закон подвійного заперечення – $\overline{\overline{a}} \equiv a$ ».

Крок 8. На екрані: «Використовуючи закон подвійного заперечення, заповнити клітинки, виконавши вибір із списку.» (рис. 2).

$$\overline{x \wedge y} \vee \overline{x \wedge y} = \boxed{8} \boxed{\vee} \wedge \overline{y} \vee \overline{x} \wedge \boxed{9} \boxed{\vee}$$

Рисунок 2 – Крок 8 алгоритму

Варіанти вибору для кожної клітини: 8 – x та \overline{x} , 9 – y та y . Повідомлення про помилку: «Допущено помилку. Правильна відповідь згідно закону подвійного заперечення – $\overline{x \wedge y} \vee \overline{x \wedge y} \equiv x \wedge \overline{y} \vee \overline{x} \wedge y$ ». Роботу завершено.

В доповіді представлено програму, що реалізує всі чотири задачі тренажера дистанційного курсу «Дискретна математика» з обчислення булевих функцій.

МЕТОД ЭЛЛИпсоИДОВ ДЛЯ НАХОЖДЕНИЯ L_p -РЕШЕНИЯ СИСТЕМЫ ЛИНЕЙНЫХ УРАВНЕНИЙ

П. И. Стецюк, д. ф.-м. н., с. н. с.

Институт кибернетики имени В. М. Глушкова НАН Украины
stetsyukp@gmail.com

Г. Д. Била, к. ф.-м. н.

Институт кибернетики имени В. М. Глушкова НАН Украины
bila.galyna@gmail.com

В. А. Стюба, аспирант

Институт кибернетики имени В. М. Глушкова НАН Украины
stovbaviktor@yandex.ua

Предложена модификация метода эллипсоидов для нахождения L_p -решения переопределенной системы линейных уравнений при двусторонних ограничениях на компоненты решения.

Stetsyuk P. I., Bila H. D., Stovba V. O. Ellipsoid method for finding L_p -solution of linear equations system. Modification of ellipsoid method is proposed to find L_p -solutions of overdetermined system of linear equations with two-sided constraints on the components of the solution.

Ключевые слова: ДВУСТОРОННИЕ ОГРАНИЧЕНИЯ, ЗАДАЧА ВЫПУКЛОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ, МЕТОД ЭЛЛИПСОИДОВ.

Keywords: TWO-SIDED CONSTRAINTS, CONVEX PROGRAMMING PROBLEM, ELLIPSOID METHOD.

Введение. Пусть имеется переопределенная система линейных алгебраических уравнений:

$$Ax \approx b \quad \text{при условиях} \quad l \leq x \leq u, \quad (1)$$

где A – $m \times n$ -матрица, такая что $m > n$, b – m -мерный вектор; $l \in R^n$, $u \in R^n$ – n -мерные векторы, такие, что для всех $i = 1, \dots, n$, $u_i > l_i$; $x \in R^n$ – n -мерный вектор неизвестных параметров. Требуется найти такой вектор x^* , который в (1) «наилучшим образом» выполняет соотношение $Ax \approx b$.

Под термином «наилучшим образом» будем понимать «наилучшее» решение системы (1) в так называемой L_p -норме, т. е.

когда норма вектора невязок $y = Ax - b = (y_1, \dots, y_m)^T$ определена следующим образом: $\|y\|_p = \left(\sum_{i=1}^m |y_i|^p \right)^{1/p}$, где $p \geq 1$. Случай $p = \infty$ определяется как $\|y\|_\infty = \max_{i=1, \dots, m} |y_i|$. Случай $p = 2$ соответствует стандартной евклидовой норме $\|y\|$ для вектора невязок.

Нахождению «наилучшего» решения системы (1) поставим в соответствие следующую задачу выпуклого программирования: найти

$$f_p^* = f_p(x_p^*) = \min_{x \in R^n} \{ f_p(x) = \|Ax - b\|_p \}, \quad (2)$$

при ограничениях

$$l \leq x \leq u, \quad (3)$$

где $p \in R$ – скалярный параметр, такой что $p \geq 1$, который гарантирует выпуклость функции $f_p(x)$. Здесь x_p^* – решение задачи (2)–(3), для удобства будем считать, что оно единственное.

Подобные задачи часто встречаются в самых разных областях прикладной математики, например: при обработке результатов наблюдений, построении и анализе различного рода моделей (физических, биологических, экономических, социальных и других), при поиске компромиссных решений в моделях с противоречивыми данными, и т. д. При нахождении параметров линейной регрессии решение задачи (2)–(3) будет соответствовать методу наименьших квадратов ($p = 2$), методу наименьших модулей ($p = 1$), минимаксному (чебышевскому) методу ($p = \infty$).

1. Задача (2)–(3) и метод эллипсоидов [1, 2]. Чтобы для решения задачи (2)–(3) применить метод эллипсоидов требуется: во первых – определить градиентное поле $g(x)$ (способ построения в точке $x \in R^n$ гиперплоскости, которая локализует точку x_p^* в одном из полупространств пространства R^n); во-вторых – выбрать начальный радиус области локализации опти-

мального решения x_p^* . Удовлетворить эти требования для задачи (2)–(3) не представляет особых проблем. Так, первую часть этих требований можно удовлетворить, используя следующую лемму.

Лемма 1 [1]. Пусть $t^* = \max\{t_i^*, t_{j^*}\}$, где $t_i^* = \max_{i=1, \dots, n}\{x_i - u_i\}$ и $t_{j^*} = \max_{j=1, \dots, n}\{l_j - x_j\}$. Обозначим: i^* – значение i ($1 \leq i \leq n$), на котором достигается t_i^* ; j^* – значение j ($1 \leq j \leq n$), на котором достигается t_{j^*} ; $\partial f_p(x)$ – субградиент функции $f_p(x)$; e_k – k -й орт в E^n , $1 \leq k \leq n$. Тогда, вектор

$$g_p(x) = \begin{cases} \partial f_p(x), & \text{если } t^* \leq 0, \\ e_{i^*}, & \text{если } t^* > 0 \text{ и } t^* > t_{i^*}, \\ -e_{j^*}, & \text{если } t^* > 0 \text{ и } t^* \leq t_{j^*}, \end{cases}$$

удовлетворяет свойству

$$(g_p(x), x - x_p^*) \geq 0 \text{ для всех } x \in R^n. \quad (4)$$

Лемма 1 имеет следующий содержательный смысл. Если точка x находится внутри допустимой области, заданной ограничениями (3), то в качестве $g_p(x)$ выбирается субградиент функции $f_p(x)$ в этой точке; если же точка находится вне допустимой области, то выбирается субградиент к максимально нарушенному ограничению вида (3). Выпуклость функции $f_p(x)$ и ограничений (3) для векторного поля $g_p(x)$ гарантирует выполнение свойства (4).

Субградиент $\partial f_p(x)$ в точке x вычисляется по формуле:

$$\partial f_p(x) = \|Ax - b\|_p^{1-p} \sum_{j=1}^m \left(\operatorname{sgn}(a_j x - b_j) \cdot |a_j x - b_j|^{p-1} \right).$$

Вторую часть требований, связанную с априорной информацией о локализации точки x_p^* , легко обеспечить, выбрав за

центр шара центр параллелепипеда, заданного двусторонними ограничениями на переменные (3), и установив радиус шара таким, чтобы этот шар содержал параллелепипед и имел минимальный объем. Это обеспечивает следующая лемма.

Лемма 2 [1]. Если $x_0 = \frac{1}{2}(u+l)$ и $r_0 = \frac{1}{2}\|u-l\|$, то тогда параллелепипед $P(x) = \{x: l_i \leq x_i \leq u_i, i=1, \dots, n\}$ содержится в n -мерном шаре $S(x_0, r_0) = \{x: \|x - x_0\| \leq r_0\}$.

Следует отметить, что в лемме 2 используется самый простой и очевидный выбор x_0 и r_0 для начальной локализации точки x_p^* . Более сложный выбор можно осуществить, описав вокруг параллелепипеда эллипсоид минимального объема. Однако, в этом случае усложняется обоснование сходимости метода эллипсоидов, если некоторые переменные фиксированы (т. е. $l_i = u_i$ для некоторых i). Дело в том, что использование эллипсоида минимального объема приводит к проектированию на орты, соответствующие фиксированным переменным, и обратная матрица, задающая этот эллипсоид, является вырожденной. Такая схема выбора x_0 и r_0 возможна, но мы ее рассматривать не будем. Заметим лишь, что она имеет преимущество в сравнении с леммой 2, так как приводит к уменьшению размерности решаемой задачи.

2. Метод эллипсоидов для нахождения x_p^* . В соответствии с правилом вычисления $g_p(x)$ в лемме 1 построим формулу для вычисления «обобщенного» значения функции в задаче (3)–(4):

$$F_p(x) = \begin{cases} +\infty, & \text{если } t^* > 0; \\ f_p(x), & \text{если } t^* \leq 0. \end{cases}$$

Значение $F_p(x)$ будем использовать при построении критерия останова в методе эллипсоидов для нахождения x_p^* . Параметр p будем считать входным параметром метода ($p \geq 1$), а ε_f – точностью, с которой требуется найти значение $f_p^* = f_p(x_p^*)$.

Учитывая вышеизложенное, метод эллипсоидов для нахождения x_p^* примет следующий вид.

Инициализация. Положим стартовую точку $x_0 = (u + l) / 2$ и начальный радиус $r_0 = \|u - l\| / 2$. Вычислим $\beta = \sqrt{\frac{n-1}{n+1}}$.

Введем в рассмотрение $n \times n$ -матрицу B и положим $B_0 := I_n$, где I_n – единичная $n \times n$ -матрица. Перейдем к первой итерации со значениями x_0 , r_0 и B_0 .

Пусть на k -й итерации найдены значения $x_k \in E^n$, r_k , B_k . Переход к $(k+1)$ -й итерации состоит в выполнении такой последовательности действий.

Шаг 1. Вычислим $F_p(x_k)$. Если $F_p(x_k) = 0$, то «Останов: $k^* = k$ и $x_p^* = x_k$ ». Иначе вычислим $g_p(x_k)$. Если $F_p(x_k) < +\infty$ и $\|B_k^T g_p(x_k)\| r_k \leq \varepsilon_f$, то «Останов: $k^* = k$ и $x_p^* = x_k$ ». Иначе переходим к шагу 2.

Шаг 2. Положим $\xi_k := \frac{B_k^T g_p(x_k)}{\|B_k^T g_p(x_k)\|}$.

Шаг 3. Вычислим очередную точку

$$x_{k+1} := x_k - h_k B_k \xi_k, \text{ где } h_k = \frac{1}{n+1} r_k.$$

Шаг 4. Вычислим

$$B_{k+1} := B_k + (\beta - 1)(B_k \xi_k) \xi_k^T \quad \text{и} \quad r_{k+1} := r_k \frac{n}{\sqrt{n^2 - 1}}.$$

Шаг 5. Переходим к $(k+1)$ -й итерации со значениями x_{k+1} , r_{k+1} , B_{k+1} .

Сходимость метода обеспечивает следующая теорема.

Теорема. Последовательность точек $\{x_k\}_{k=0}^{k^*}$ удовлетворяет неравенству

$$\|B_k^{-1}(x_k - x_p^*)\| \leq r_k, \quad k = 0, 1, 2, \dots, k^*$$

На каждой итерации k коэффициент q , который определяет величину уменьшения объема эллипсоида, локализирующего x_p^* , есть величина постоянна и равна

$$q = \frac{\text{vol}(E_{k+1})}{\text{vol}(E_k)} = \sqrt{\frac{n-1}{n+1}} \left(\frac{n}{\sqrt{n^2-1}} \right)^n < \exp\left\{-\frac{1}{2n}\right\} < 1.$$

Из теоремы следует, что для уменьшения в 10 раз объема эллипсоида, локализирующего x_p^* , требуется K итераций, где

$K = -\frac{\ln 10}{\ln q} \approx (2 \ln 10)n \approx 4.6n$. Для задачи (2)–(3) это означает следующее: чтобы на порядок улучшить отклонение найденного рекордного значения функции $f_p(x)$ от ее оптимального значения f_p^* , потребуется сделать $4.6n^2$ итераций. Если в задаче переменных не более десяти, то для нахождения f_p^* с относительной точностью 10^{-10} максимальное количество итераций легко определить из таблицы

n	itn	n	itn	n	itn
2	177	5	1 144	8	2 940
3	407	6	1 651	9	3 723
4	730	7	2 249	10	4 598

где приведены необходимые количества итераций для $n = 2 \div 10$.

Заключение. Метод эллипсоидов можно успешно применять для нахождения x_p^* , если количество переменных небольшое. На скорость его сходимости величина m не влияет, от нее зависит трудоемкость вычисления значения функции $f_p(x)$ и ее субградиента $\partial f_p(x)$. При $m \sim 1000$ это будет вносить в трудоемкость метода эллипсоидов более весомый вклад, чем алгоритмические операции (шаги 2–4).

Метод эллипсоидов может быть использован для линейной регрессии с ограничениями на параметры θ [3]. Нахождению θ соответствует задача квадратичного программирования:

$$\sum_{i=1}^m (y_i - x_i^T \theta)^2 \rightarrow \min \quad \text{при ограничениях} \quad b^{low} \leq A\theta \leq b^{up}, \quad (5)$$

которая решается за конечное число итераций средствами многих программных продуктов. Однако это уже будет не так, если

в задаче (5) целевую функцию заменить на $\sum_{i=1}^m \|y_i - x_i^T \theta\|_p$. Зато в

таком случае применим метод эллипсоидов. Более того, на его основе легко построить метод для нахождения оптимальных значений θ^* , для которого настройка всех его параметров производится автоматически. Кроме того, за конечное число итераций метод гарантирует нахождение θ^* с требуемой точностью, а на каждой итерации можно указать область локализации точки минимума в задаче (5).

Работа выполнена при поддержке НАН Украины (проект № 0116U004558, первый и третий авторы) и Volkswagen Foundation (грант No 90 306, первый и второй авторы).

Список использованных источников

1. Стецюк П. И. Об одном методе нахождения L_p -решения системы линейных уравнений / Стецюк П. И., Колесник Ю. С., Березовский О. А. // Теория оптимальных решений. – Киев : Ин-т кибернетики им. В. М. Глушкова НАН Украины, 2003. – С. 83–90.
2. Шор Н. З. Метод отсекающего с растяжением пространства для решения задач выпуклого программирования / Шор Н. З. // Кибернетика. – 1977. – № 1. – С. 94–95.
3. Knopov P. S. Regression Analysis Under a Priori Parameter Restrictions / Knopov P. S., Korkhin A. S. – Springer, 2012. – 234 p.

УДК 004.93

МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ФРАКТАЛЬНОЇ РОЗМІРНОСТІ ВИБІРОК ДАНИХ І МОДЕЛЕЙ

С. О. Субботін, д. т. н., професор
Запорізький національний технічний університет
subbotin@zntu.edu.ua

Запропоновано показники, що характеризують якість підвибірок відносно вихідної вибірки на основі принципів фрактального аналізу. Розроблені показники досліджені при вирішенні завдань формування навчальних вибірок даних.

Subbotin S. A. Methods of data sample and model fractal dimension evaluation. The indicators allowing to characterize the quality of subsamples with respect to the original sample on the basis of the principles of fractal analysis is proposed. The developed indicators studied in the training data sample forming tasks.

Ключові слова: ФРАКТАЛЬНА РОЗМІРНІСТЬ, ВИБІРКА, МОДЕЛЬ.

Keywords: FRACTAL DIMENSION, SAMPLE, MODEL.

Нехай ми маємо вихідну вибірку $\langle x, y \rangle$ – набір S прецедентів про залежність $y(x)$, $x = \{x^s\}$, $y = \{y^s\}$, $s = 1, 2, \dots, S$, що характеризуються набором N вхідних ознак $\{x_j\}$, $j = 1, 2, \dots, N$, де j – номер ознаки, і вихідною ознакою y . Кожен s -й прецедент подамо як $\langle x^s, y^s \rangle$, $x^s = \{x_j^s\}$, де x_j^s – значення j -ї вхідної, а y^s – значення вихідної ознаки для s -го прецедента (екземпляра) вибірки, $y^s \in \{1, 2, \dots, K\}$, де K – кількість класів, $K > 1$. Тоді задача синтезу моделі залежності $y(x)$ буде полягати у визначенні такої структури і параметрів моделі *net*, при яких буде задовільнено критерій якості моделі $E(\text{net}, \langle x, y \rangle) \rightarrow \min$.

У випадку, коли вихідна вибірка має велику розмірність, перед побудовою нейромоделі необхідно вирішити задачу виділення навчальної вибірки меншого обсягу, що вимагає критерію, який характеризує якість формованої підвибірки.

Перспективним напрямком для визначення властивостей даних є фрактальна розмірність – коефіцієнт, що описує фрактальні або структурні множини на основі кількісної оцінки їхньої складності як коефіцієнт зміни в деталях зі зміною масштабу [1]. Відомі методи оцінки фрактальної розмірності даних [2] і моделей [3] засновані на різних принципах. Що не дозволяє інтегрувати їхні результати.

Метою цієї роботи було створення показників якості вибірок на основі принципів фрактального аналізу.

Для аналізу фрактальної розмірності вибірки пропонується використовувати такий метод.

Етап ініціалізації. Задати навчальну вибірку $\langle x, y \rangle$, пронормувати значення ознак, відобразивши їх на інтервал $[0, 1]$. Зада-

ти L – кількість інтервалів, на які будуть розбиватися діапазони значень ознак.

Етап кластеризації. Розбити діапазон значень кожної ознаки на L інтервалів довжиною $l = L^{-1}$. Сформувати кластери як прямокутні блоки на перетинанні інтервалів різних ознак.

Етап аналізу даних. Визначити кількість екземплярів, що потрапили до кожного прямокутного гіперблоку, утвореного інтервалами ознак. Визначити кількість гіперблоків зі стороною розміром l , що покривають вибірку в просторі N ознак $n(l)$.

Етап визначення фрактальної розмірності. Визначити при заданому l фрактальну розмірність вибірки: $D = n(l) / \log(l^{-1})$.

Єдиним керованим параметром методу є задана кількість інтервалів L , на які розбиваються діапазони значень ознак. Недоліками методу є невизначеність у виборі значення параметра L , а також відсутність зв'язку методу з якістю синтезованої моделі.

Для усунення відзначених недоліків пропонується використовувати метод визначення фрактальної розмірності вхідної множини для навчання розпізнавальної моделі.

Етап ініціалізації. Задати нормовану навчальну вибірку $\langle x, y \rangle$, метод синтезу моделі, критерій якості навчання моделі як функцію помилки E , а також максимально прийнятне значення помилки ε .

Етап формування й аналізу розбиття даних. Послідовно змінюючи значення $L = 2, \dots, S$: визначити довжину інтервалу l ; квантувати ознаки вибірки, розбиваючи діапазони їхніх значень на L інтервалів; визначити $n(l)$; побудувати модель net за допомогою заданого методу; оцінити помилку E побудованої моделі net .

Етап визначення фрактальної розмірності. Для всіх l , для яких помилка моделі є прийнятною, визначити фрактальну розмірність даних щодо точності (помилки) синтезованої моделі: $D_{net} = \left\{ n(l) / \log(l^{-1}) \mid E(net) \leq \varepsilon \right\}$.

Єдиним керованим параметром методу є граничне значення помилки моделі ε . Очевидно, що чим меншим буде задане ε , тим більш детальною повинна бути модель, тобто буде потрібно виділити більшу кількість кластерів, а, отже, і більшим буде

число L . Перевагою методу є те, що він пов'язаний з показником якості синтезованої моделі, а також в автоматичному режимі встановлює оптимальне значення параметра L .

Розроблені показники реалізовані програмно і досліджені при рішенні задач формування навчальних вибірок даних з вихідних вибірок різної розмірності.

Проведені експерименти підтвердили працездатність запропонованого математичного забезпечення і дозволяють рекомендувати його для використання на практиці при рішенні задач побудови моделей по прецедентах.

Список використаних джерел

1. Dubuc B. Evaluating the fractal dimension of profiles / B. Dubuc, J. Quiniou, C. Roques-Carmes [et al.] // Physical Review A. – 1989. – Vol. 39, № 3. – С. 1500–1512.
2. Camastra F. Data Dimensionality Estimation Methods: A survey / F. Camastra // Pattern Recognition. – 2003. – Vol. 36, № 12. – P. 2945–2954.
3. Crişan D. A. Fractal Dimension Spectrum as an Indicator for Training Neural Networks / D. A. Crişan, R. Dobrescu // University Politehnica of Bucharest Sci. Bull., Series C. – 2007. – Vol. 69, № 1. – P. 23–32.

УДК 004.891

СОЗДАНИЕ МАТРИЦЫ ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКИ В СИСТЕМАХ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Б. А. Сулейманлы, инженер-программист
Институт систем управления НАНА
bahram.suleymanli@gmail.com

В статье с целью создания матрицы экспертной оценки анализированы системы принятия решений, вектор оценки экспертов. Методы принятия решений с применением экспертных оценок широко применяются в таких областях как нефтегазовые месторождения, открытие месторождений полезных ископаемых, медицинской диагностики и банковское дело.

Suleymanli B. A. In the article, in order to establish expert evaluation matrix, decision-making systems and vector of expert evaluation have been analyzed. Discovery of oil and gas fields, mineral resources, in areas such as medical diagnostics, banking by expert evaluations applications decision-making methods have widely been applied.

Ключевые слова: ЭКСПЕРТНЫЕ ОЦЕНКИ, ВЕКТОР ОЦЕНКИ ЭКСПЕРТОВ, МАТРИЦЫ ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКИ, СИСТЕМЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ.

Keywords: EXPERT EVALUATION, EXPERT EVALUATION MATRIX, VECTOR OF EXPERT EVALUATION, DECISION-MAKING SYSTEMS.

Независимо от сферы деятельности в современном уровне развития общества можно сказать, что все организации как в построении стратегических и тактических планов и также для решения вопросов, встречающихся в повседневной жизни, вынуждены принимать различные решения. Коллективные и индивидуальные предприниматели, даже каждый человек для того, чтобы успешно строить свою работу должен использовать современные методы принятия решений [1–3].

Известно, что в современных системах принятия решений используются методы теории принятия решений, теория управления, теория вероятностей, теория информатики и алгоритмы. При использовании этих теорий, можно видеть присутствующую естественным образом неточность в принятом решении о характеристике процесса, системы или объектов. В подсознание принимается, что объект определен точными параметрами и характеристиками. С применением вышеупомянутых методов во многих случаях невозможно принять адекватные решения. Поэтому применение новых информационных технологий может быть полезным для построения более адекватных алгоритмов оценки.

Структура программного комплекса для оценки и отбора представленных проектов, может быть показана в нижеуказанном виде (рис. 1).

Если представить оценку каждого эксперта в качестве вектора оценки, мы можем обозначить его как EPV (Expert price vector-EPV). Этот вектор можно записать в виде:

$$EPV = (p_1, p_2, \dots, p_N).$$

Здесь p_i – компоненты оценки вектора, полученные из различных источников. Из оценок M количество различных экспертов формируется матрица оценки экспертов EPM (Expert price matrix – EPM) [4]. Этот вектор можно представить в виде:

$$EPM = \begin{pmatrix} p_{11}, p_{12}, \dots, p_{1N} \\ \dots \\ p_{M1}, p_{M2}, \dots, p_{MN} \end{pmatrix}$$

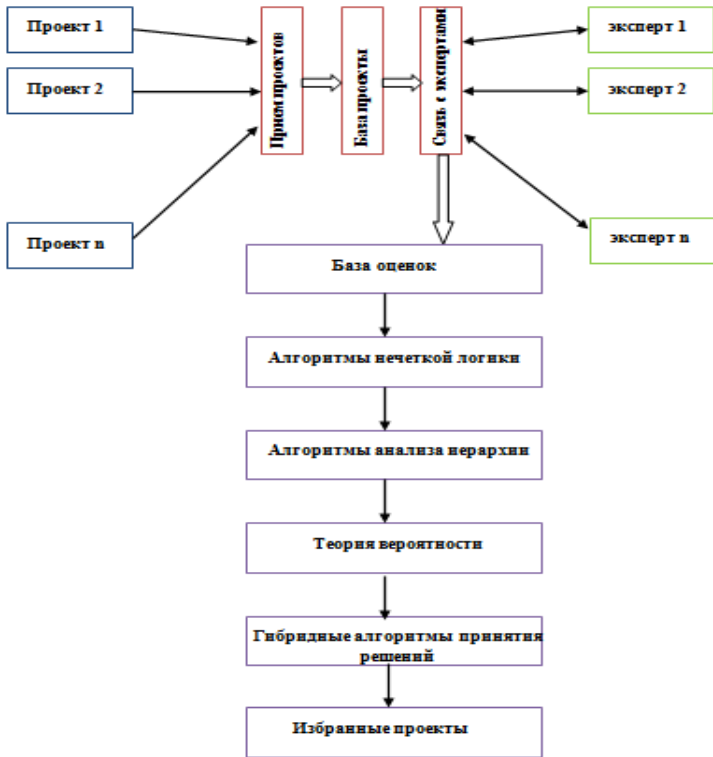


Рисунок 1

В этой матрице, каждая строка относится к одному эксперту и количество строк равно количеству экспертов, обратившихся на страницу для различных целей. Число столбцов является количеством источников оценки экспертов. Отметим некоторые из них:

1. Численное значение в странице, данное экспертом.
2. Оценка, сформированная из комментариев эксперта на странице. С этой целью должны быть созданы возможности экспер-

там писать комментарии на странице, и следует поощрять их, чтобы они написали комментарии. Из комментариев с различным содержанием анализа могут быть решены вопросы перевода отношения (удовлетворение, негативное отношение и т. д.) в числовое значение.

3. Оценка, сформированная из данных экспертов поступающих в виде SMS.

4. Оценка, сформированная из данных экспертов полученных по электронной почте.

5. Оценки, сформированные в результате периода запроса самой страницей. Для оценки своей работы веб-страница должна провести периодические запросы, должна дать определенное время для сбора ответов запросов и должна использовать полученные результаты для оценки качества работы страницы.

6. Оценка, сформированная из частоты посещений экспертов страницы.

И т. д.

Список использованных источников

1. Беллман Р. Принятие решений в расплывчатых условиях / Р. Беллман, Л. А. Заде // Вопросы анализа и процедуры принятия решений. – Москва : Мир, 1976. – С. 172–191.
2. Саати Т. Л. Принятие решений – Метод анализа иерархий / Саати Т. Л. – Москва : Радио и связь, 1993. – 278 с.
3. Ухоботов В. И. Избранные главы теории нечетких множеств : учеб. пособие / В. И. Ухоботов. – Челябинск : Изд-во Челяб. гос. ун-та, 2011. – 245 с.
4. Гантмахер Ф. Р. Теория матриц / Гантмахер Ф. Р. – Москва : Наука, 1966. – 576 с.

УДК 519.816

ЕВРИСТИЧНІ МЕТОДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ КОМБІНАТОРНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ТА ДОВЕДЕННЯ ЇХНЬОЇ ЗБІЖНОСТІ

Н. К. Тимофієва, д. т. н., с. н. с.
МННЦІТІС НАН та МОН України (Київ)
tymnad@gmail.com

На прикладі задачі комівояжера з використанням підкласів розв'язних задач показано, що збіжність «жадібних» методів, які відносять до евристичних, можна довести досить строго.

Tymofijeva N. K. Heuristic methods and proof of their convergence. For example of the traveling salesman problem using subclasses solvable problems that convergence of "greedy" methods, which belongs to the heuristic, it is possible to proof strictly enough.

Ключові слова: КОМБІНАТОРНА ОПТИМІЗАЦІЯ, ЕВРИСТИЧНІ МЕТОДИ, КОМБІНАТОРНА КОНФІГУРАЦІЯ.

Keywords: COMBINATORIAL OPTIMIZATION, HEURISTIC METHODS COMBINATORIAL CONFIGURATION.

Вступ. При розв'язанні задач обчислювального інтелекту досить часто використовуються методи, які класифікують як евристичні. В них знаходження оптимального розв'язку, який задовольняв би мету дослідження, проводиться за тими ж правилами, що робить людина, та побудовані на інтуїтивних міркуваннях, що спираються на попередній досвід. Однією з умов належності до цих підходів є неможливість строгого доведення їхньої точності. Якщо з їхньою допомогою отримується точний результат, який доводиться емпірично, то все одно їх відносять до евристичних із-за неможливості надати строге доведення. Постає проблема доведення ефективності за точністю та швидкістю таких методів.

Ниже розглянуто способи доведення збіжності методу найближчого сусіда та «жадібного» алгоритму, які відносяться до евристичних підходів та ґрунтуються на розпізнаванні структури вхідної інформації. З цією метою використано підкласи розв'язних задач із класу задач комівояжера. Показано, що збіжність послідовності розв'язків, яка будується оговореними алгоритмами, та її швидкість залежить від структури вхідної інформації.

Основна частина. Аналіз евристичних алгоритмів показує, що пошук оптимального розв'язку проводиться шляхом розпізнавання змінних (найбільших чи найменших їхніх значень), тобто розпізнається вхідна інформація. Для них в літературі не наведено строгого доведення їхньої точності. Це – метод найближчого сусіда, «жадібний» алгоритм, метод північно-західного кута, деякі алгоритми розв'язання задач із штучного інтелекту, в яких використано розповсюдження обмеження. Але, якщо класифікацію методів оптимізації проводити за можливістю чи неможливістю доведення їхньої збіжності, то до евристичних підходів за цією ознакою можна віднести значну частину

перебірних методів, які використовуються в оптимізації та які достатньо формалізовані. Це пов'язано з тим, що при оцінці точності розв'язання задач цими методами виникає невизначеність різної природи.

«Жадібний» алгоритм працює таким чином: із заданої вхідної інформації за розробленими правилами, що характерні для певного класу задач, вибираються найбільші величини з подальшим знаходженням максимального значення цільової функції. Методом найближчого сусіда із заданої вхідної інформації вибираються найменші величини з подальшим знаходженням мінімального значення цільової функції.

Змоделюємо вхідні дані, які задано матрицями, функціями натурального аргументу $\varphi(j)_{||}^m$ та $f(j)_{||}^m$, одна з яких комбінаторна $\beta(f(j), w^k)_{||}^m$, де m – кількість елементів заданої матриці (для симетричної матриці m – кількість наддіагональних елементів). Доведення збіжності для оговорених вище методів проводимо з використанням підкласів розв'язних задач, заданих функцією $\beta(f(j), w^j)_{||}^m = (1, \dots, m)$ та її оберненою $\beta(f(j), w^j)_{||}^m = (m, \dots, 1)$ [1]. Для них відомі глобальні максимум та мінімум.

Якщо в задачі комівояжера вхідні дані задано комбінаторною функцією $\beta(f(j), w^j)_{||}^m = (1, \dots, m)$, то за правилами методу найближчого сусіда при пошуку мінімального значення цільової функції знаходиться глобальний максимум.

Якщо в задачі комівояжера вхідні дані задано комбінаторною функцією $\beta(f(j), w^j)_{||}^m = (1, \dots, m)$, то за правилами «жадібно-го» алгоритму при пошуку глобального максимуму одержуємо глобальний максимум.

Якщо в задачі комівояжера вхідні дані задано комбінаторною функцією $\beta(f(j), w^j)_{||}^m = (m, \dots, 1)$, то за правилами методу найближчого сусіда при пошуку мінімального значення цільової функції наведеного розв'язного випадку знаходиться глобальний мінімум.

Якщо в задачі комівояжера вхідні дані задано комбінаторною функцією $\beta(f(j), w^1)_1^m = (m, \dots, 1)$, то за правилами «жадібно-го» алгоритму при пошуку глобального максимуму одержуємо глобальний мінімум.

Для обох методів швидкість збіжності дорівнює одній ітерації.

Висновок. Отже, точність розв'язання задач евристичних алгоритмів можна оцінити з використанням підкласів розв'язних задач. В залежності від структури вхідної інформації оговореними методами отримується як глобальний розв'язок так і далекий від оптимального результат. Запропонованим підходом можна пояснити, чому при пошуку глобального мінімуму (або максимуму) знаходиться глобальний максимум (або мінімум).

Список використаних джерел

1. Тимофієва Н. К. Доведення збіжності алгоритмів комбінаторної оптимізації з використанням підкласів розв'язних задач / Н. К. Тимофієва // УСиМ. – 2016. – № 2. – С. 5–21, 27.

УДК 519.6:004

РОБАСТНІ ІНКРЕМЕНТНІ МОДЕЛІ В СИСТЕМАХ ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ

С. Г. Удовенко, д. т. н., професор

Харківський національний економічний університет імені
С. Кузнеця

serhii.udovenko@nure.ua

Л. Е. Чала, к. т. н., доцент

Харківський національний університет радіоелектроніки

Larysa.chala@nure.ua

В доповіді розглядаються робастні модифікації стохастичних інкрементних моделей, що застосовуються в цифрових системах різного функціонального призначення.

Udovenko S. G., Chala L. E. Robust modifications of stochastic incremental models that are used in the digital systems of the different functional setting are examined.

Ключові слова: СТОХАСТИЧНА МОДЕЛЬ, РОБАСТНА МОДИФІКАЦІЯ, ЦИФРОВА СИСТЕМА, ОБРОБКА ІНФОРМАЦІЇ.

Keywords: STOCHASTIC MODEL, ROBUST MODIFICATION, DIGITAL SYSTEM, INFORMATION PROCESSING.

У стохастичних системах цифрової обробки інформації та керування широке розповсюдження отримали так звані інкрементні ARIMAX – моделі наступного вигляду [1]:

$$\Delta y(k) = \sum_{i=1}^n A_i \Delta y(k-i) + \sum_{i=0}^n B_i \Delta u(k-\rho-i) + \\ + \sum_{i=0}^n C_i \Delta v(k-\mu-i) + \sum_{i=0}^{l_0} h_i e(k-i),$$

де $u(k)$ – сигнал керування;

$y(k)$ – керований вихід;

$v(k)$ – зовнішнє вимірюване збурення;

ρ, μ – кількість періодів транспортної затримки у каналах « $y(k) - u(k)$ », « $y(k) - v(k)$ »;

$e(k)$ – дискретний білий шум;

A_i, B_i, C_i та h_j – коефіцієнти моделі;

n – порядок моделі.

Можна показати, що для малих періодів дискретизації безперервних сигналів системи, що ідентифікується, якість моделювання стає вельми чутливою до точності представлення коефіцієнтів поліномів ARIMAX-моделі (1), внаслідок чого обмежується можливість її застосування. В цьому разі більш пристосованими є їх модифіковані представлення, які ми назвемо робастними ARIMAX-моделями (RARIMAX-моделями).

Представимо розглянуту вище модель наступним чином:

$$A(q^{-1})\Delta y(k) = B(q^{-1})u(k-\rho) + C(q^{-1})\Delta v(k-\mu) + H(q^{-1})e(k), (1)$$

де q^{-1} – оператор затримки на 1 такт;

$$A(q^{-1}) = \sum_{i=0}^n A_i q^{-i}, B(q^{-1}) = \sum_{i=0}^n B_i q^{-i}, C(q^{-1}) = \sum_{i=0}^n C_i q^{-i}, H(q^{-1}) = \sum_{i=0}^{l_0} h_i q^{-i}.$$

Задамо оператор випередження δ та різницевий оператор Δ :

$$\delta f(k) = f(k+1) - f(k); \Delta = 1 - q^{-1}.$$

Представимо будь-який з поліномів моделі (2) (наприклад, $A(q^{-1})$) наступним чином:

$$A(q^{-1}) = \sum_{i=0}^n A_i q^{-i} = \sum_{i=0}^n A_i^* q^{-i} \Delta^{n-i}.$$

З урахуванням властивостей операторів q^{-1} , δ , Δ можна отримати очевидну тотожність:

$$\sum_{i=0}^n A_i (\delta + 1)^{n-i} = \sum_{i=0}^n A_i^* \delta^{n-i},$$

яке дозволяє визначити коефіцієнти A_i^* за заданими коефіцієнтами A_i :

$$A_i^* = \sum_{j=0}^i D_n(i, j) A_j, \quad (2)$$

де $D_n(i, j)$ – біноміальні коефіцієнти.

Для багатовимірної системи D_n є матрицею, елементи якої обчислюються згідно з наступною рекурсією:

$$D_n(i, j) = D_n(i+1, j+1) + D_n(i, j+1), i > j.$$

Зворотнє перетворення визначиться залежностями

$$A_i = \sum_{j=0}^i D_n^*(i, j) A_j^*, \quad (3)$$

$$D_n^*(i, j) = D_n^*(i+1, j+1) - D_n^*(i, j+1), i > j,$$

причому $D_n^*(\tau, \tau) = 1$, $D_n^*(n, \tau) = (-1)^{n-\tau}$ для $\delta = 0, \dots, n$.

Елементи матриць D_n та D_n^* з індексами $i < j$ дорівнюють нулю, тобто ці матриці є нижніми трикутними.

Очевидно, що за аналогією з (3) та (4) нескладно здійснити перетворення поліномів $B(q^{-1})$ та $C(q^{-1})$ на поліноми $B^*(\delta)$ і $C^*(\delta)$ та навпаки.

Відзначимо доцільність розширення полінома $H(q^{-1})$, що має порядок l_0 , до загального порядку n (для зручності алгоритмізації та програмування). Таке розширення легко здійснити додаванням до $H(q^{-1})$ відповідних нульових складових.

В цьому разі інкрементна RARIMAX-модель набуває вигляду:

$$A^*(\delta)\Delta y(k-n) = B^*(\delta)\Delta u(k-\rho-n) + \\ + C^*(\delta)\Delta v(k-\mu-n) + H^*(\delta)e(k-l_0).$$

В цій доповіді розглядаються також робастні модифікації ARMAX-моделей та ARIMAX-моделей у просторі стану.

Слід підкреслити, що переваги робастних модифікацій стохастичних моделей виразно проявляються для цифрових систем різного функціонального призначення (в тому числі і інтелектуальних систем), тривалість перехідних процесів яких значно перевищує період дискретизації аналогових сигналів.

УДК [351.741:004.89](477)

ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНА СИСТЕМА КРИМІНАЛЬНОГО АНАЛІЗУ RICAS

Д. Ю. Узлов, к. т. н.

Головне управління Національної поліції в Харківській області
roputcik@i.ua

В. М. Струков, к. т. н., доцент

Харківський національний університет внутрішніх справ
struk_vm@ukr.net

В доповіді розглядається геоінформаційна інтелектуальна система кримінального аналізу в реальному часі – RICAS. Описано її призначення, функціональні можливості, переваги в порівнянні з існуючими аналогами та новизна.

Uzlov D. U., Strukov V. M. Information analytical system of criminal analysis RICAS. Information analytical system of criminal analysis RICAS is considered. Its destination, functionality, benefits compared with existing analogues and novelty are described.

Ключові слова: ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ГЕОІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА, КРИМІНАЛЬНИЙ АНАЛІЗ.

Keywords: INFORMATION AND ANALYTICAL SUPPORT, GEOINFORMATION SYSTEM, CRIMINAL ANALYSIS.

Аналіз існуючих автоматизованих інструментальних засобів кримінального аналізу свідчить про те, що 1) в Україні відсутні ефективні засоби автоматизованого кримінального аналізу, 2) в світі існують певні системи (I2, ANACAPA, CRIMEVIEW Server, My Neighborhood Map System, CRIMEDC), кожна з яких має свої переваги і недоліки, але жодна з них не охоплює повною мірою рішення задач кримінального пошуку та кримінального дослідження з використанням геоінформаційних засобів в реальному часі. Більшість цих систем пропонують рішення для інформування громадськості та, що принципово важливо, йдеться не про інтеграцію в уже діючі системи, а установку їх як незалежних систем.

Розроблена система RICAS позбавлена перелічених недоліків і ґрунтується на наступних принципових моментах: 1) вивчення особливостей масивів даних, що обробляються, дозволило побудувати спеціальну метрику [1] у просторі багатовимірних об'єктів різнотипних ознак, яка забезпечила можливість застосувати для обробки даних класичні методи Data Mining (кластеризації і класифікації); 2) система виконана як надбудова (оболонка) існуючої ІПС ОВС України, і, що принципово важливо, дозволяє при її впровадженні не видаляти стару систему або припиняти її функціонування, а просто і безболісно істотно поліпшувати її функціональність і ефективність; 3) при розробці системи використані ліцензійно чисті інструментальні системи.

Інструментарій системи базується на математичних моделях і методах інтелектуального семантичного аналізу, візуального темпорального аналізу, аналізу поведінкового профілю, аналізу прихованих закономірностей.

Інтелектуальний семантичний аналіз включає в себе потужне ядро по роботі з семантикою. Аналіз неструктурованих даних відбувається в режимі реального часу. Для уніфікації пошуко-

вих функцій і побудови поведінкового профілю використовується алгоритм класифікації або «тегірованія», а також антиціпаційний алгоритм.

Семантичне ядро системи дозволяє будувати складні пошукові запити, які включають в себе всілякі динамічні і статичні компоненти – обмеження за часом, методу скоєння злочину, дислокації і т. д. Всі функції виконуються миттєво і дозволяють максимально швидко візуалізувати інформацію і виконувати аналітичну роботу.

Візуальний темпоральний аналіз. Відображення хронології подій, що відбулися і тимчасове розмежування дозволяє оперативно виявляти приховані просторово-тимчасові закономірності між різними подіями.

Аналіз поведінкового профілю. Найбільш постійним і точним з точки зору психології злочинця є його поведінковий профіль. Він відображає багато параметрів діяльності злочинця – звичний спосіб вчинення злочину, місця скоєння та інші дрібні залежності, які в сукупності відповідають одному профілю. Наявність тих чи інших поведінкових ознак з певною часткою ймовірності може свідчити про те, що даний суб'єкт може бути причетний до події. З цього принципу формується так званий груповий поведінковий аналіз. Безумовно, поведінковий профіль злочинця ніяк не може існувати без впливу на інших суб'єктів. Аналіз групового поведінкового профілю дозволяє визначати подільників, спільників без явних зв'язків між собою.

Аналіз прихованих закономірностей. Між особами, яким-небудь чином причетними до правопорушення, об'єктивно існують зв'язки (родинні, за родом професійної діяльності, географічні – по прив'язці до місця проживання, місця відбування покарання і т. п.). Подібні зв'язки існують також між особами і подіями а також між різними подіями. Такі зв'язки можуть бути явними, опосередкованими і прихованими. Крім того, група пригод, скоєних однією і тією же особою, обов'язково має певні характерні загальні риси, які явно не зафіксовані. Виявлення таких прихованих закономірностей з високою часткою ймовірності завжди може ідентифікувати зв'язок між злочинцем і всіма здійсненими ним злочинами.

Система розроблялася з використанням сучасних технологій у веб-просторі та є мультиплатформною. Її можна використовувати на будь-яких стаціонарних і мобільних пристроях при наявності захищеного каналу зв'язку.

Список використаних джерел

1. Бодянский Е. В. Задача оценки близости многомерных объектов анализа данных / Бодянский Е. В., Струков В. М., Узлов Д. Ю. // УСиМ. – 2016. – № 6. – С. 67–72.

УДК 519.6

СУЧАСНІ ПАРАДИГМИ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ ІНТЕРФЕЙС

О. М. Хіміч, чл.-кор. НАН України, д. ф.-м. н., професор
Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України
khimich_ic@mail.ru

Ефективність застосування комп'ютерних технологій розглядається з точки зору реалізації трьох основних парадигм математичного моделювання: комп'ютерна математика, високопродуктивні обчислення і інтелектуальний інтерфейс.

Khimich O. M. Modern paradigm of mathematical modeling. Intelligent interface. Efficiency of application of computer technologies is considered from the point of view realization of three basic paradigms of computer modeling: computer mathematics, HPC and intellectual interface.

Ключові слова: КОМП'ЮТЕРНА МАТЕМАТИКА, ВИСОКОПРОДУКТИВНІ ОБЧИСЛЕННЯ, ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ ІНТЕРФЕЙС.

Keywords: COMPUTER MATHEMATICS, HPC, INTELLECTUAL INTERFACE.

Високопродуктивні обчислення є одним з основних засобів наукових і інженерних досліджень. Разом із зростанням можливостей комп'ютерів для наукових і інженерних досліджень ростуть і проблеми їх створення і експлуатації. Збільшення числа процесорів (ядер) в паралельних комп'ютерах в цій ситуації означатиме істотне збільшення комунікаційних втрат і зниження їх ефективності. Вже зараз є істотні відмінності за рахунок комунікаційних втрат між максимальною і експлуатаційною продуктивністю [1]. Розробці комп'ютерних методів високопродуктивних обчислень (паралельних, розподілених, гібридних) присвячена значна кількість робіт (див. наприклад, посилання [2]).

Крім того проблема достовірності комп'ютерних розв'язків із зростанням об'ємів задач на таких комп'ютерах також ускладнюється. Відомо, що у ряді випадків при розв'язуванні наукових і інженерних задач на комп'ютерах користувачі одержують машинні розв'язки, що не містять фізичного змісту. Це відбувається із багатьох причин, але перш за все через похибки в початкових даних, відмінності властивостей математичних і машинних моделей задач, відмінності арифметики і машинної арифметики і т. д. Проблема дослідження достовірності комп'ютерних розв'язків залишається однією з практично важливих.

Іншою, не менш важливою, актуальною проблемою практичної реалізації високопродуктивних обчислень є створення програмного забезпечення рівня кінцевого користувача – програмних засобів, що забезпечують спілкування з комп'ютером на мові предметної області і автоматизацію процесу розв'язування задачі на комп'ютері (алгоритмізація, програмування, вибір топології, розв'язування задачі в умовах наближених початкових даних з аналізом достовірності комп'ютерних результатів).

Ефективність застосування комп'ютерних технологій в математичному моделюванні визначають три основних складові досліджень: комп'ютерна математика, високопродуктивні обчислення і інтелектуальний інтерфейс. В даній роботі зупинимось на інтелектуальній компоненті програмного забезпечення для математичного моделювання.

Інтелектуальне чисельне програмне забезпечення

Дослідження в області комп'ютерної математики і високопродуктивних обчислень є теоретичною основою створення інтелектуального чисельного і прикладного програмного забезпечення [3, 4].

Під інтелектуальним програмним забезпеченням для розв'язання класу науково-технічних задач розумітимемо комплекс програм, що дозволяє на мові предметної області сформулювати в комп'ютері задачу, автоматично досліджувати властивості машинної моделі задачі з наближеними даними, відповідно до виявлених властивостей і врахуванням математичних і технічних можливостей комп'ютера визначити необхідну для розв'язання задачі кількість процесорів (ядер) і побудувати ефективний алгоритм розв'язування, сформулювати для розв'язання задачі конфігурацію з процесорів паралельного комп'ютера, синтезу-

вати програму паралельних обчислень, розв'язати задачу, оцінити достовірність отриманого комп'ютерного розв'язку і візуалізувати комп'ютерні результати на мові предметної області.

З функціональної точки зору інтелектуальне програмне забезпечення в автоматичному режимі реалізує дослідницьку функцію і адаптивне налаштування алгоритму, синтезованої програми та архітектури комп'ютера на властивості задачі, а також отримання комп'ютерного розв'язку з оцінкою достовірності.

З точки зору кінцевого користувача реалізується автоматичний режим дослідження і розв'язання задач, створення паралельних програм, що звільняє користувача від проблем, пов'язаних з особливостями паралельних обчислень. З програмної точки зору інтелектуальне програмне забезпечення реалізує концепцію знань.

Список використаних джерел

1. www.top500.org.
2. Химич А. Н. Параллельные алгоритмы решения задач вычислительной математики / Химич А. Н., Молчанов И. Н., Попов А. В., Чистякова Т. В., Яковлев М. Ф. – Киев : Наук. думка, 2008. – 247 с.
3. Молчанов И. Н. Проблемы интеллектуализации MIMD-компьютеров // Молчанов И. Н. Кибернетика и системный анализ. – 1998, № 1. – С. 37–46.
4. Химич А. Н. Численное программное обеспечение интеллектуального MIMD-компьютера Инпарком / Химич А. Н., Молчанов И. Н., Мова В. И. и др. – Киев : Наук. думка, 2007. – 221 с.

УДК 378

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ВЕРСИЙ GIT В ДИСТАНЦИОННОМ ОБУЧЕНИИ ПРОГРАММИРОВАНИЮ

О. В. Цыба, ассистент кафедры

Луганский национальный университет имени Т. Шевченко
ksusha_tsov@mail.ru

В статье рассматриваются преимущества дополнения системы дистанционного образования системой контроля версий.

Tsyba O. V. Using the version control system Git in distance learning programming. In the article are discussed the advantages of the expansion of distance education system the version control system.

Ключевые слова: ДИСТАНЦИОННОЕ ОБРАЗОВАНИЕ, СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ВЕРСИЙ, РАСПРЕДЕЛЕННАЯ СИСТЕМА.

Keywords: DISTANCE EDUCATION, VERSION CONTROL SYSTEM, DISTRIBUTED SYSTEM.

Онлайн системы дистанционного образования позволяют в полном объеме организовать учебный процесс, но направлены в основном на предоставление учащимся учебных материалов и итоговую проверку знаний. При преподавании курсов программирования в дистанционной форме, возникает необходимость постоянного контроля промежуточных результатов. Решить эту проблему может дополнение онлайн системы дистанционного образования системой контроля версий.

Согласно проведенному анализу, наиболее соответствует требованиям дистанционного обучения, распределённые системы контроля версий (РСКВ). В работе рассмотрена одна из популярных РСКВ – система Git.

Использование системы контроля версий Git позволяет:

- организовать работу группы студентов над одним проектом: с помощью веток каждый из студентов может локально работать над своей частью, затем выполнить сведение в общий репозиторий на сервере;
- организовать проверку преподавателем кода программы после внесенных изменений. Выполненные правки и дополнения будут отмечены системой;
- разместить примеры и образцы кода для просмотра и загрузки студентами.

Таким образом, система контроля версий расширяет функциональные возможности систем дистанционного образования, повышая уровень взаимодействия между студентами и преподавателем.

Список использованных источников

1. Чакон С. Git для профессионального программиста Подробное описание самой популярной системы контроля версий / С. Чакон, Б. Штрауб. – Санкт-Петербург : Питер, 2016. – 496 с.

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТРЕНАЖЕРА З ТЕМИ «ПРИНЦИПИ АДРЕСАЦІЇ» ДИСЦИПЛІНИ «ІНФОРМАЦІЙНІ МЕРЕЖІ»

В. С. Цюрюпа, магістр спеціальності «Соціальна інформатика»

Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі»
vovk-vovk@mail.ru

В статті розглядається розробка програмного забезпечення тренажера з теми «Принципи адресації» дисципліни «Інформаційні мережі». Постановка завдання та частина алгоритму роботи програми.

Tsyuryupa V. S. Software development simulator on “principles addresses” discipline “information network”. In the article viewed the software development of simulator on “principles addresses” discipline “information network”. Problem and part algorithm of the program.

Ключові слова: ТРЕНАЖЕР, ПРИНЦИПИ ІР-АДРЕСАЦІЇ, JAVASCRIPT.

Keywords: SIMULATOR, PRINCIPLES OF IP-ADDRESSING, JAVASCRIPT.

Метою роботи є розробка тренажера з теми «Принципи адресації» дисципліни «Інформаційні мережі». В тренажері повинно реалізоване навчання основам ІР-адресації. Тренуючись на тренажері студент повинен отримати практичні навички з вибору та обрахунку ІР-адрес, маски підмережі та іншого. Дані, для проходження тренажера, повинні генеруватися випадковим чином. Він повинен бути реалізований на JavaScript, HTML, CSS.

Тренажер повинен містити: стартову сторінку; тести з теоретичних питань; практичні завдання з відповідних тестів; довідку у разі хибної відповіді; результат проходження (вивід узагальненої інформації); можливість повторного проходження з новими даними.

Один з етапів розробки тренажера – розробка алгоритму. Розроблений алгоритм складається з 18 кроків, наведено один з типових.

Виведення користувачу згенерованого діапазону та запитання:

172.16.20.0/25.
Введіть маску підмережі у вигляді двійкового та десяткового чисел (розбиту на 4-ри блоки):

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	• <input type="text"/>	• <input type="text"/>	• <input type="text"/>

Якщо користувач вводить правильну відповідь то переходимо на наступний крок. Якщо введена хибна відповідь то користувачу виводиться повідомлення про те, що введена неправильна відповідь. Якщо хибна відповідь введена не в перше то виводиться довідка:

Маска підмережі – двійкове число, яке містить одиниці в тих розрядах, які відносяться до розширеного мережевого префікса. Маска підмережі дозволяє поділити IP-адресу на дві частини: номер підмережі та номер пристрою у цій підмережі. Розбиття однієї великої мережі на кілька маленьких підмереж дозволяє спростити маршрутизацію.

В доповіді викладено постановку завдання та частина алгоритму роботи тренажера. Він реалізовуватиметься на JavaScript, HTML, CSS. Планується використання тренажера в дистанційному навчальному курсі.

Список використаних джерел

1. Роббинс Дж. HTML5, CSS3 и JavaScript. Исчерпывающее руководство / Дженнифер Роббинс ; [пер. с англ. М. А. Райтман]. – 4-е издание. – Москва : Эксмо, 2014. – 528 с.
2. Фрайн Б. HTML5 и CSS3 Разработка сайтов для любых браузеров и устройств / Б. Фрайн. – Санкт-Петербург : ООО Изд-во «Питер», 2014. – 304 с.

МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ЩОДО СТВОРЕННЯ ДИСТАНЦІЙНОГО КУРСУ З ДИСЦИПЛІНИ «ТЕОРІЯ ПРОГРАМУВАННЯ»

О. О. Черненко, к. ф.-м. н., доцент

Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі»

oksanachernenko7@gmail.com

В роботі розглянуто особливості розробки і впровадження дистанційного курсу з дисципліни «Теорія програмування».

Chernenko O. O. The features of development and introduction of distance course from educational discipline «Theory of programming» is considered in the article.

Ключові слова: ДИСТАНЦІЙНЕ НАВЧАННЯ, ДИСТАНЦІЙНИЙ КУРС, ТЕОРІЯ ПРОГРАМУВАННЯ.

Keywords: DISTANCE LEARNING, DISTANCE COURSE, THEORY OF PROGRAMMING.

Дистанційні курси – це навчальні матеріали, підготовлені викладачами в повному обсязі для засвоєння дисципліни студентами з використанням комп'ютерних та телекомунікаційних технологій. В основу дистанційного навчання покладено принцип просторової та часової віддаленості студентів та викладачів.

Для студентів напряму «Інформатика» дистанційної та заочної форм навчання, та, як допоміжний засіб, денної форми, розроблено дистанційний курс з дисципліни «Теорія програмування». Дистанційний курс побудовано за загальним планом та вимогами до його структури на платформі Moodle [1]. В курсі розміщені такі навчальні та методичні матеріали:

✓ Теоретичний матеріал по кожному модулю представлено в лекціях, завдання практичного змісту розміщено в практичних заняттях.

✓ Основні поняття та означення викладено в алфавітному порядку в глосарії з дисципліни.

✓ До кожної теми запропоновано тести теоретичного характеру, які допомагають студентам перевірити рівень засвоєних знань та дають можливість набрати додаткові бали з курсу.

✓ Викладені варіанти модульних контрольних робіт. Екзаменаційні білети у вільному доступі. Такий підхід передбачає прозорість у проведенні контролю і ставить на меті надати можливість студентам у повному обсязі, якщо на те є бажання, підготуватися до підсумкового контролю.

✓ Для бажаючих більш ширше познайомитися з окремими питаннями дисципліни запропоновано перелік літературних джерел та додаткові матеріали (електронні підручники, програмне середовище).

Не зважаючи на дискусії відносно переваг та недоліків дистанційної форми навчання, це вихід для тих, хто прагне знань і цінує свій час і кошти. Дистанційний курс з дисципліни «Теорія програмування» вже зараз успішно використовується студентами денної форми, які навчаються за індивідуальними графіками чи з якихось причин не мають змоги відвідувати заняття. Усунення недоліків дистанційного навчання – відсутність реального зворотного зв'язку, достовірність особи, яка навчається і проходить контроль та ін. – це лише проблеми часу.

Список використаних джерел

1. Ольховська О. В. Технології підтримки системи дистанційного навчання в Полтавському університеті економіки і торгівлі / О. В. Ольховська, Д. М. Ольховський // Інформатика та системні науки (ІСН-2016) : матеріали VII Всеукраїнської науково-практичної конференції за міжнародною участю, (м. Полтава, 10–12 берез. 2016 р.). – Полтава : ПУЕТ, 2016.

УДК 519.6

ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ГІБРИДНОГО АЛГОРИТМУ МЕТОДУ ІТЕРАЦІЇ НА ПІДПРОСТОРІ

О. В. Чистяков, м. н. с.

Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України
alexey.chystyakov@gmail.com

Розглядається ефективність гібридного алгоритму методу ітерацій на підпросторі для розв'язування часткової задачі на власні значення стрічкових матриць.

Chistyakov A. V. Evaluations of the efficiency of the hybrid algorithm of the method of iterations on the subspace. Described efficiency of the hybrid algorithm the method of iterations on the subspace of solving of partial eigenvalue problem of matrix.

Ключові слова: ЕФЕКТИВНІСТЬ, ГІБРИДНИЙ АЛГОРИТМ.
Keywords: EFFICIENCY, HYBRID ALGORITHM.

В останні роки багатоядерні комп'ютери (CPU) з графічними процесорами (GPU) – гібридні комп'ютери широко використовуються для розв'язування задач великих розмірів. Ці комп'ютери вважаються недорогими і можуть забезпечити значне прискорення обчислень. Однак при створенні алгоритмів для таких комп'ютерів необхідно провести попередній аналіз їх ефективності. Згідно із законом Амдала час розв'язування задачі на паралельному комп'ютері складається з двох величин: часу виконання послідовних операцій і часу виконання паралельних операцій з урахуванням числа процесорних елементів [1]. Однак при розв'язуванні на гібридному комп'ютері до часу фактичного розв'язання задачі додається час виконання додаткових операцій, необхідних для обміну інформацією між CPU та GPU, тобто накладні витрати, які можуть бути дуже суттєві.

Пропонується деяка методика визначення ефективності гібридного алгоритму для розв'язування алгебраїчної проблеми власних значень стрічкових додатно-означених матриць:

$$Ax = \lambda Bx, \quad A, B \in M^{n \times n}, \quad x \in C^n, \quad \lambda \in C, \quad (1)$$

де $M^{n \times n}$ – множина квадратних матриць порядку n .

Цей метод є узагальненням методу обернених ітерацій і полягає в побудові послідовності підпросторів E_t ($t = 1, 2, \dots$), яка зводиться до підпростору E_8 , що містить шукані власні вектори. На t -й ітерації обчислюється ортонормований базис підпростору E_t , а якщо досягнута збіжність, то визначаються шукані власні пари [1].

Реалізація гібридного алгоритму методу ітерацій на підпросторі базується на факторизації матриці A плитковим гібридним алгоритмом LL^T -розвинення [2].

На кожній ітерації виконуються такі підзадачі:

- 1) розв'язування СЛАР кожним процесом: $AX_t = Y_{t-1}$;
- 2) обчислення на GPU проекції матриці A на підпростір E_t

$$A_t = X_t^T Y_{t-1} \equiv X_t^T A X_t;$$

3) обчислення за участю GPU прямокутної матриці $W_t = B X_t$;

4) обчислення проєкції матриці B на підпростір E_t (виконується з використанням GPU): $B_t = X_t^T W_t \equiv X_t^T B X_t$;

5) розв'язування проблеми власних значень для проєкцій $A_t Z_t = B_t Z_t$; (розв'язується кожним процесом незалежно);

6) обчислення наступного наближення $Y_t = W_t Z_t$ (операції виконуються паралельно на CPU);

7) перевірка умов закінчення ітераційного процесу:

$$\frac{|\lambda_i^{(t)} - \lambda_i^{(t-1)}|}{\lambda_i^{(t)}} \leq \varepsilon \quad (i = 1, 2, \dots, r).$$

Якщо умова (7) виконуються після t ітерацій, то наближенням розв'язком задачі вважається:

$$\lambda_i^* = \lambda_i^{(t+1)}, \quad X^* = X_{t+1} Z_{t+1} \quad (i = 1, 2, \dots, r).$$

Тут, як і при перевірці умов закінчення ітераційного процесу, мається на увазі, що власні значення впорядковано за зростанням $0 < \lambda_1 \leq \lambda_2 \leq \dots \leq \lambda_r \leq \dots$. Результат роботи гібридного алгоритму – обчислені власні значення λ_i та розподілена між процесами у відповідності до розподілу матриць A та B матриця відповідних власних векторів.

Аналізуючи гібридний алгоритм ми бачимо, що розв'язування СЛАР (1) проводиться багато разів з однією і тією ж матрицею, тому доцільно виконати LL^T -розвинення матриці до початку ітераційного процесу. Обсяг обчислень в підзадачах (1) та (3) на порядок або більше перевищує обсяг обчислень у решті підзадач. Для оцінки алгоритму будемо використовувати коефіцієнти прискорення $S_p = T_1/T_p$ та ефективності $E_p = S_p/p$, де T_p – час розв'язання задачі на гібридному комп'ютері з p CPU та p GPU; T_1 – час розв'язання тієї ж задачі з одним CPU та одним

GPU. Кількість арифметичних операцій, що виконує один GPU, оцінюється величиною: $O_p = \frac{ms^2}{p} + ms \frac{m+sp}{p^2} + m^2 s \frac{p-1}{p^2}$.

Одержуємо оцінки прискорення та ефективності алгоритму:

$$S_p = \frac{T_1}{T_p} \cong \begin{cases} p, & \frac{s^2(m+sp)}{p^2 n_o} \geq t_B \log_2 p \\ \frac{p(m+2s)}{s+m \frac{p-1}{p} + \frac{pn_o}{s^2 t_G} t_B \log_2 p}, & \frac{s^2(m+sp)}{p^2 n_o} \geq t_B \log_2 p \end{cases},$$

$$E_p = \frac{S_p}{p} \cong \begin{cases} 1, & \frac{s^2(m+sp)}{p^2 n_o} \geq t_B \log_2 p \\ \frac{(m+2s)}{s+m \frac{p-1}{p} + \frac{pn_o}{s^2 t_G} t_B \log_2 p}, & \frac{s^2(m+sp)}{p^2 n_o} \geq t_B \log_2 p \end{cases},$$

де t_C – час виконання однієї арифметичної операції на CPU;
 t_G – однієї арифметичної операції на GPU;
 n_o – кількість арифметичних операцій, які можуть бути виконані одночасно на GPU;
 t_I – час пересилки одного блоку від CPU до GPU і назад;
 t_B – час обміну блоком між двома GPU;
 s – порядок блоку;
 m – напівширина стрічки.

Список використаних джерел

1. Параллельные алгоритмы решения задач вычислительной математики / Химич А. Н., Молчанов И. Н., Попов А. В., Чистякова Т. В., Яковлев М. Ф. – Киев : Наук. думка, 2008. – 248 с.
2. Хімич О. М. Гібридний алгоритм розв'язування лінійних систем зі стрічковими матрицями прямими методами / Хімич О. М., Баранов А. Ю. // Комп'ютерна математика. – 2013, 2. – С. 80–87.

**ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТРЕНАЖЕРУ ЗА ТЕМОЮ
«ОБЧИСЛЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ВПЕВНЕНОСТІ»
З ДИСЦИПЛІНИ «ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ
ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ»**

Т. В. Чілікіна, к. ф.-м. н., доцент;

В. М. Мандрика, студент І-42і

Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі»

Mandryka@gmail.com

В статті розглянута логічна структура тренажера за темою «Обчислення коефіцієнта впевненості»

In the article the logical structure of the simulator on "Calculating the confidence factor" is considered.

Ключові слова: КОЕФІЦІЄНТ ВПЕВНЕНОСТІ, ЙМОВІР-
НІСТЬ, ГІПОТЕЗА, АЛГОРИТМ, ТРЕНАЖЕР.

Keywords: CONFIDENCE FACTOR, PROBABILITY,
HYPOTHESIS, ALGORITHM, SIMULATOR.

Розробка тренажерів з навчальних дисциплін є актуальною тематикою, тому що технології дистанційного навчання використовуються, як під час підвищення кваліфікації вже дипломованих спеціалістів так і студентів.

Метою роботи є розробка алгоритму та програмного забезпечення тренажера за темою «Обчислення коефіцієнта впевненості» з дисципліни «Інтелектуальні інформаційні системи».

Програмний продукт, що розробляється, складається з двох блоків задач – першого та ускладненого рівнів. Кожен з блоків містить теоретичний блок питань з теми, які програмно реалізовані у вигляді тестових запитань з варіантами відповіді. Всі дії користувача програмно відслідковуються та перевіряються, у разі виявлення помилки виводиться підказка.

У рамках виконання кваліфікаційної роботи розроблено алгоритм роботи тренажера з теми «Обчислення коефіцієнта впевненості» [1, 2]. Розглянемо алгоритм роботи однієї із задач першого блоку, яка реалізує розрахунок коефіцієнта впевненості.

Крок 1. Користувачу відображується повідомлення «Задано правило: якщо інвестори вважають, що економіка в майбут-

ньому буде зростати або грошові інвестиції в певний економічний сектор зростуть, то попит буде більший ніж пропозиція, а також акції будуть рости в ціні. Визначте кількість гіпотез в даному правилі.» та наводяться варіанти:

- 1;
- 2;
- 3;
- 4.

Якщо користувач обрав вірний варіант, тобто другий, користувач переходить на наступний крок, інакше – повідомлення про помилку «Відповідно до заданого правила гіпотез 2».

Крок 2. Користувачу відображається повідомлення «Нехай коефіцієнт впевненості дорівнює 0,8. Нехай ймовірність того, що інвестори вважають, що економіка в майбутньому буде зростати становить 0,7, а ймовірність того, що грошові інвестиції в певний економічний сектор зростуть 0,4 розрахуйте ймовірність того, що попит буде більший ніж пропозиція, а також акції будуть рости в ціні» користувачу доступна форма (рис. 1), в якій необхідно вписати вірні значення.

$$\boxed{\max}\left(\boxed{0,7};\boxed{0,4}\right) \cdot \boxed{0,8} = \boxed{0,7} \cdot \boxed{0,8} = \boxed{0,56}$$

Рисунок 1 – Розрахунок ймовірності, що попит буде більший ніж пропозиція, а також акції будуть рости в ціні

Якщо користувач вірно виконав завдання, перехід до розв'язку наступного завдання даного блоку, інакше повідомлення про помилку:

«Оскільки умови правила розділені оператор АБО, то обираємо максимальне значення коефіцієнта впевненості із умов правила».

«Ймовірність того, що інвестори вважають, що економіка в майбутньому буде зростати становить 0,7»;

«Ймовірність того, що грошові інвестиції в певний економічний сектор зростуть 0,4»;

«Коефіцієнт впевненості дорівнює 0,8»;

«Максимальне значення серед 0,7 та 0,4 рівне 0,7»;

«Ймовірність того, що ціна на акції буде низькою $\max(0,7;0,4) \cdot 0,8 = 0,7 \cdot 0,8 = 0,56$ ».

Таким чином, в рамках роботи реалізовано алгоритм роботи тренажера, а також ведеться його програмна реалізація.

Список використаних джерел

1. Гаек П. Автоматическое образование гипотез: математические основы общей теории / П. Гаек, Т. Гавранек. – Москва : Наука, 1983. – 280 с.
2. Галушкин А. Й. Теория нейронных сетей / А. Й. Галушкин. – Москва : ПРЖР, 2000. – 416 с.

УДК 519.8

ПОДХОДЫ К МАТЕМАТИЧЕСКОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ ЗАДАЧИ УПАКОВКИ НЕОРИЕНТИРОВАННЫХ МНОГОГРАННИКОВ

А. М. Чугай, к. т. н., с. н. с.

Институт проблем машиностроения имени А. Н. Подгорного
НАН Украины
chugay.andrey80@gmail.com

В работе рассматривается оптимизационная задача упаковки выпуклых неориентированных многогранников в параллелепипед минимального объема.

Chugay A. M. Mathematical modeling of the problem of packing non-oriented polyhedrons. In the article the optimization packing problem of non-oriented convex polyhedrons into a cuboid of minimum volume is considered.

Ключевые слова: ОПТИМИЗАЦИЯ, РАЗМЕЩЕНИЕ, МНОГОГРАННИКИ.

Keywords: OPTIMIZATION, ARRANGEMENTS, POLYHEDRONS.

В работе рассматривается оптимизационная задача, которая имеет следующую постановку. Задан набор выпуклых гометичных многогранников, которые при размещении допускают произвольные непрерывные повороты. Также задан контейнер в виде прямоугольного параллелепипеда. Необходимо найти такое размещение заданных многогранников в контейнере, при котором его объем принимает минимальное значение. упаковки выпуклых неориентированных многогранников в параллелепипед минимального объема.

Поставленная задача имеет широкий спектр научных и практических применений, в частности, в машиностроении, материаловедении, химической промышленности и других.

Поскольку рассматриваемая задача относится к классу NP-сложных задач, то многие публикации посвященные данной тематике, как правило, предлагают приближенные эвристические подходы. Так, в статье [1] излагается эффективный способ решения задачи упаковки многогранников внутри многогранного контейнера. Основная идея метода заключается в точной одномерной трансляции заданного многогранника в положение, которое минимизирует его объем пересечения со всеми другими многогранниками. Авторы статьи [2] предлагают новый эвристический алгоритм, названный ими НАРЕ3D. Данный подход основывается на принципе минимальной общей потенциальной энергии для задачи 3D упаковки невыпуклых многогранников в прямоугольном параллелепипеде фиксированной ширины и длины, но переменной высоты.

Одной из важных проблем, которые возникают при математическом моделировании данного класса задач, является аналитическое описание условий взаимного непересечения объектов.

На сегодняшний день многими авторами показано, что эффективным средством для построения адекватных математических моделей задач размещения геометрических объектов является метод ϕ -функций (или квази ϕ -функций).

Так, в статье [3] подобная задача моделировалась с помощью квази ϕ -функций. С этой целью были построены квази ϕ -функции для пары многогранников, допускающих непрерывные повороты и трансляции. Необходимо отметить, что квази ϕ -функции в общем случае имеют более простой вид, чем ϕ -функции. Такой простой вид условий взаимного непересечения геометрических объектов, допускающих непрерывные повороты, стал возможен благодаря введению дополнительных переменных (соответствующих разделяющим плоскостям для пар объектов), от которых зависят квази ϕ -функции.

Как следствие, при решении оптимизационной задачи упаковки процесс оптимизации приходится осуществлять над расширенным множеством параметров, включающим введенные дополнительные переменные для каждой пары многогранников.

Расширение пространства решений становится ограничивающим фактором при решении задач размещения более 50 много-

гранників, поскольку в этом случае происходит существенное увеличение потребности в вычислительных ресурсах (процессорное время и оперативная память).

В данной работе для построения математической модели предлагается использовать ϕ -функцию для двух выпуклых неориентированных многогранников, построенную в работе [4].

Метод ϕ -функции позволил построить математическую модель рассматриваемой задачи в виде классической задачи нелинейного программирования.

Список использованных источников

1. Egeblad J. Translational packing of arbitrary polytopes / J. Egeblad, B. Nielsen, M. Brazil // *Comp. Geom.* – 2009. – 42 (4). – P. 269–288.
2. Xiao L. HAP3D – a new constructive algorithm for the 3D irregular packing problem / L. Xiao, L. Jia-min, An-xi Cao, Y. Zhuang-le // *Frontiers of Information Technology & Electronic Engineering.* – 2015. – 16 (5). – P. 380–390.
3. Pankratov A. V. Optimal packing of convex polytopes using quasi- ϕ -functions / A. V. Pankratov, T. E. Romanova, A. M. Chugay // *Проблемы машиностроения.* – 2015. – Т. 18, № 2. – С. 55–65
4. Stoyan Y. Mathematical modeling of the interaction of non-oriented convex polytopes / Stoyan Y. Chugay, A. // *Cyber. and Syst. Anal.* – 2012. – №48 (6). – 837–845.

УДК 006.322

КУРИКУЛУМНА СТАНДАРТИЗАЦІЯ ЦИФРОВОЇ ГРАМОТНОСТІ

С. П. Шостя, методист відділу природничо-математичних дисциплін та технологій

Полтавський обласний інститут післядипломної педагогічної освіти імені М. В. Остроградського
sshostia@gmail.com

Аналізуються сучасний стан і нові тенденції в діяльності провідних міжнародних організацій по розробці освітніх стандартів в галузі комп'ютерингу (computing).

Shostia S. P. Digital literacy curricular standardization. This paper analyzes the current practices and new trends in the activities of the major international organizations for the development of educational standards in the field of computing.

Ключові слова: ІНФОРМАТИЗАЦІЯ, КОМП'ЮТИНГ, ЦИФРОВА ГРАМОТНІСТЬ.

Keywords: INFORMATIZATION, COMPUTING, DIGITAL LITERACY.

Сучасні процеси формування інформаційного суспільства і розвитку транскордонної освіти зумовлюють необхідність адаптації системи освіти до загальновизнаних на світовому рівні правил і норм в галузі забезпечення якості, стандартизації, акредитації результатів випробувань.

У світі, де швидкий прогрес в області технологій впливає на середовище, де ми працюємо, живемо і навчаємося, стандарти використовуються, щоб підтримати педагогів, учнів, студентів, керівників чіткими вимогами до знань, навиків. Стандарти забезпечують основу для переосмислення освіти, адаптації до постійно змінного технологічного ландшафту і підготовки до більш глобальної економіки.

Впродовж останніх років у США питаннями підготовки curricula для спеціальностей, пов'язаних з комп'ютерингом (computer science, computer engineering, software engineering, information systems, information technologies), займаються чотири професійні асоціації:

The Association for Computing Machinery (ACM) (<http://www.acm.org>);

The Association for Information Systems (AIS) (<http://www.aisnet.org>);

The Association for Information Technology Professionals (AITP) (<http://www.aitp.org>);

The Computer Society of the Institute for Electrical and Electronic Engineers (IEEECS) (<http://www.ieee.org>; <http://www.computer.org>) [1].

У 2016 році американські педагоги розробили серію стандартів для навчання з питань інформаційної та технічної грамотності – Національні стандарти технічної підготовки. Визначені основні принципи цього стандарту [2]:

- умотивований учень, який вміє навчатись;
- громадянин цифрового світу;
- конструктор знань;
- дизайнер інновацій;
- вправний у цифрових технологіях вирішувач завдань;

- творчий співбесідник;
- учасник глобальної колективної роботи.

При цьому в ряді випадків нова версія курикулуму не у повному обсязі переглядає положення попереднього документа, тому при використанні курикулумів для проектування навчальних програм може виявитися корисним розгляд його попередніх версій, детальний огляд яких здійснений у матеріалах [3]. Там же розглянуті принципи:

1. Диференціація напрямків підготовки відповідно до характеру діяльності ІТ-фахівців різних профілів.
2. Цілісність системи курикулумів.
3. Знання-орієнтованість.
4. Єдина архітектура представлення знань у вигляді багаторівневої ієрархічної структури.
5. Концепція ядра (CORE) зводу знань.
6. Чітка специфікація професійних характеристик профілів, цілей і результатів навчання.
7. Включення рекомендацій методичного характеру щодо диверсифікації напрямів підготовки.
8. Включення опису прикладів навчальних програм в цілому і програм навчальних курсів, розроблених і успішно реалізованих найбільш відомими університетами.
9. Консорціумний характер процесу розробки курикулумів, що інтегрує зусилля академічних, промислових, комерційних і урядових організацій.

В Україні також використовується курикулярний підхід для підготовки освітніх стандартів [4], акцент на проектування, систематизацію та структурування актуальних знань визначає перспективність даного підходу і доцільність його застосування при розробці національних освітніх стандартів, просування курикулумного підходу може розглядатися в якості магістрального методичного напрямку вітчизняної системи освіти.

Список використаних джерел

1. Сейдаметова З. С. Процедури і соціальна тканина розробки curricula: досвід США / З. С. Сейдаметова, В. А. Темненко // Постметодика. – 2008. – № 2. – С. 16–20.
2. Education technology standards to transform learning and teaching [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.iste.org/standards/standards>. – Назва з екрана.

3. Сухомлин В. А. Куррикулумная стандартизация ИТ-образования на современном этапе / Сухомлин В. А., Зубарева Е. В. // Современные информационные технологии и ИТ-образование (SITITO'2016) : материалы XI Международной научно-практич. конф. (25–26 ноября, 2016). – Москва. – С. 40–46.
2. Дорожня карта освітньої реформи (2015–2025) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://mon.gov.ua/content/Діяльність/Зв'язки з громадськістю /Громадське обговорення/08-road-map-sk-end.pdf>. – Назва з екрана.

УДК 004.424.5+004.9+004.5

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ТРЕНАЖЕРА З ТЕМИ «СОРТУВАННЯ ВИБОРОМ ТА СОРТУВАННЯ ОБМІНОМ» ДИСТАНЦІЙНОГО КУРСУ «АЛГОРИТМИ ТА СТРУКТУРИ ДАНИХ»

О. В. Щербак, студент І-41

Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі»
viruscool92@gmail.com

В доповіді розглядаються алгоритм тренажеру «Сортування вибором та сортування обміном».

Scherbak A. V. Developing an algorithm simulator for the theme “Bubble sort and selection sort” of distance curse “Algorithms and data structures”. In speech algorithm of simulator “Bubble sort and selection sort” was considered.

Ключові слова: БУЛЬБАШКОВЕ СОРТУВАННЯ, СОРТУВАННЯ ВИБОРОМ.

Keywords: BUBBLE SORT, SELECTION SORT.

У наш час значної важливості набуває дистанційне навчання, через що необхідно забезпечити курс необхідними тренажерами, що дозволять студенту краще зрозуміти алгоритми сортування, та перевірити його навички з володіння методами сортування.

Алгоритм повинен передбачити наступні функції:

1. Надати можливість користувачу обирати тип сортування.
2. Надати можливість користувачу ввести данні або запропонувати згенерувати їх випадково.
3. У разі введення даних користувачем власноруч перевірити їх вірність.

4. Надати можливість користувачу розташувати данні згідно із ходом роботи обраного типу сортування по крокам.

5. У разі помилки або вірної відповіді виділити клітинку відповідним кольором.

6. Надати користувачеві можливість скористатися підказкою.

7. Забезпечити користувача необхідною інформацією щодо його результатів після завершення роботи сортування.

Алгоритм тренажеру:

Крок 1. Користувач обирає тип сортування із двох запропонованих:

✓ Сортування бульбашкою.

✓ Сортування вибором.

Згідно із обраним типом тренажер обирає правила перевірки масиву даних. Перехід на крок 2.

Крок 2. Користувач обирає спосіб заповнення масиву із 5 елементів, пропонується два варіанти:

✓ Користувач вводить свої данні.

✓ Користувач обирає варіант генерації та авто заповнення випадковими числами.

Перехід на крок 3.

Крок 3. Масив перевіряється на завершеність згідно із правилами:

Сортування бульбашкою – елементи масиву порівнюються попарно, менший елемент займає ліве місце, а більший праве, так повторюється, доки масив не буде відсортований за зростанням.

Сортування вибором – починаючи з елемента з номером i , (i = від 1 до n , n – довжина масиву), шукається мінімальний елемент. При цьому може бути два випадки:

1. Якщо i є найменшим, масив не змінюється, а пошук починається знову, номер i збільшується на 1.

2. Якщо елемент з номером $i + k$ є найменшим, то елемент з номером $i + k$ міняється місцем з елементом з номером i . Пошук починається знову, номер i збільшується на 1.

Операція повторюється n раз, після чого масив стає відсортованим.

Якщо масив не відсортований, то перехід на крок 4. Якщо масив відсортований – відбудеться перехід на крок 5.

Крок 4. Користувач повинен розмістити елемент з номером i , (i = від 1 до n , n – довжина масиву) на відповідне місце:

- у разі вірної дії клітинка набуде зеленого кольору, перехід на крок 3.

- у разі помилки клітинка засвітиться червоним кольором, та користувачу буде запропонована допомога. Коли користувач виправить помилку, то клітина стане сірого кольору та відбудеться перехід на крок 3.

Крок 5. На інтерфейсі тренажеру буде виведені клітинки з елементами масиву, кожна клітинка прийме відповідний колір із відповідями користувача. Перехід на крок 6.

Крок 6. Користувачу буде запропонована можливість:

- ✓ Повернутися на початкову сторінку (перехід на крок 1).
- ✓ Повторити сортування цим же методом (перехід на крок 2).

Список використаних джерел

1. Сортування бульбашкою [Електронни ресурс] : Вікіпедія. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Сортування_бульбашкою. – Назва з екрана.
2. Сортування бульбашкою [Електронни ресурс] : Вікіпедія. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Сортування_вибором. – Назва з екрана.
3. Современный учебник JavaScript [Електронни ресурс]. – Режим доступу: <https://learn.javascript.ru>. – Назва з екрана.

УДК 519.8

МІНІМАКСНА ЗАДАЧА РОЗМІЩЕННЯ ДЖЕРЕЛ ФІЗИЧНОГО ПОЛЯ НА ФІКСОВАНІ ПОСАДКОВІ МІСЦЯ

С. І. Яремчук, к. ф.-м. н., професор;

В. О. Таценко, аспірант;

О. А. Шупіков, магістр

Житомирський державний технологічний університет

yaremchuk_s@mail.ru, vatatsenko@gmail.com, leshashup@mail.ru

В статті розглядається задача розміщення джерел фізичного поля на фіксовані місця. Побудовано математичні моделі задачі в зручному для її розв'язання вигляді та відповідні методи розв'язання. Проведено порівняння часу та точності роботи цих методів.

Yaremchuk S. I., Tacenko V. O., Shupikov O. A. The minimax problem of placement of physical source fields on the fixed seats. The article considers the problem of placement of physical source fields on the fixed seats. A mathematical model of the problem in a convenient form and appropriate methods of solving was built. Were made comparisons of time and accuracy of these methods.

Ключові слова: МІНІМАКСНА ЗАДАЧА, ДЖЕРЕЛА ФІЗИЧНИХ ПОЛІВ, Р-АЛГОРИТМ, ЛЕНД І ДОЙГ.

Keywords: MINIMAX PROBLEM, SOURCES OF PHYSICAL FIELDS, P-ALGORITHM, LAND AND DOIG.

На практиці часто виникають задачі розміщення джерел фізичного поля на фіксовані посадкові місця. Наприклад, при проектуванні механічних конструкцій, які піддаються впливу силових джерел (пошук найвигіднішого розподілення навантажень на будівельні конструкції для уникнення їх руйнації); при синтезів блоків мікроелектронної апаратури (створення потрібного температурного режиму елементів конструкції), тощо.

Змістовна постановка задачі. Нехай в деякій області Ω розміщено N фіксованих посадкових місць та K контрольних точок. На посадкові місця необхідно розмістити N джерел фізичного поля з заданими інтенсивностями таким чином, щоб максимальне із значень фізичного поля в контрольних точках було мінімальним. Кожне джерело фізичного поля може бути призначене тільки на одне посадкове місце і на кожне посадкове місце може бути призначене лише одне джерело.

Вперше ця постановка та наступна математична були зроблені Стояном Ю. Г. та Путятінім В. П. [1].

Математична модель задачі. Фізичне поле, що утворюється джерелами і крайовими умовами описується наступною задачею математичної фізики:

$$Lu = f(y, Z), \quad (1)$$

$$B_j u = \varphi, j \in [1 : J], \quad (2)$$

$$f(y, Z) = \begin{cases} A^i(y - Z^i), & \text{якщо } y \in D_i \\ 0, & \text{якщо } y \in \bigcup_{i=1}^N D_i \end{cases} \quad (3)$$

Функція цілі має наступний вигляд

$$f(Z) = \max_{k \in [1:K]} u(y^k, Z), \quad (4)$$

де Pasted Graphic $y^k \in \Omega, k \in [1:K]$ – контрольні точки, вектор $Z = (Z^1, Z^2, \dots, Z^N)$ визначає розміщення всіх джерел, а z^i – положення i -го джерела та співпадає з координатами його полюсу $p^i, i \in [1:N]$.

Для розв'язання цієї задачі було побудовано метод, названий гібридним, в якому використовувались: метод випадкового пошуку Монте-Карло; метод околів, що звужуються та метод вектору спаду. Основним недоліком цього методу є дуже низька швидкість збіжності (розв'язання крайової задачі займає багато часу, а в даному алгоритмі воно неодноразово виконується на кожній ітерації кожного з трьох зазначених методів). Тобто, навіть при невеликій розмірності задачі, час її розв'язання був дуже великим, що зумовило актуальність побудови математичних моделей та методів, що дозволили б розв'язувати задачі з більшою розмірністю за прийнятний час.

Побудовані математичні моделі. Керовані змінні:

$$X_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{якщо } i\text{-те джерело не призначається на } j\text{-те місце} \\ 1, & i\text{-те джерело призначається на } j\text{-те місце} \end{cases}$$

Обмеження:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^N x_{ij} = 1, j \in [1:N] \\ \sum_{j=1}^N x_{ij} = 1, i \in [1:N] \end{cases} \quad (5)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}, i \in [1:N] j \in [1:N]. \quad (6)$$

Функція цілі:

$$f(x) = \max_{k \in [1:K]} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M c_{ij}^k x_{ij}, \quad (7)$$

де c_{ij}^k – вклад i -го джерела, що знаходиться на j -му посадковому місці в значення поля в k -тій контрольній точці.

Отримана модель є мінімаксною задачею лінійного програмування з булевими змінними.

Застосувавши ідею Зойтендейка, отримаємо другу математичну модель цієї ж задачі у вигляді задачі лінійного програмування з булевими змінними частково цілочисельної:

$$z \rightarrow \min \quad (8)$$

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_{ij} c_{ij}^k \leq z, k \in [1:K] \\ \sum_{i=1}^N x_{ij} = 1, j \in [1:N] \\ \sum_{j=1}^N x_{ij} = 1, i \in [1:N] \end{cases} \quad (9)$$

$$x_{ij} \geq 0, i \in [1:N], j \in [1:N]. \quad (10)$$

Для розв'язання (5)–(7) було побудовано метод «Р-алгоритм» [2]. Для розв'язання (8)–(10) – модифікації методу Ленд і Дойг [3].

Порівняння методів. В роботі виконано порівняння описаних методів на наборі задач з розмірністю до 20 джерел та до 20 контрольних точок. Отримано наступні результати. За швидкістю: метод Р-алгоритм виявився на порядок швидшим ніж інші, модифікація методу Ленд і Дойг з використанням симплекс методу виявилась на 15 % швидшою за модифікацію з використанням методу внутрішньої точки.

Паралельні обчислення. Наведені методи були програмно реалізовані з використанням технології MPI (бібліотека mpich-3.2 C++). Обчислювальний експеримент показав, що використання паралельних обчислень збільшило ефективність метода Р-алгоритм на 15 %, модифікацій методів Ленд і Дойг на 50 %. Причому максимальний приріст ефективності досягався при одночасному збільшенні розмірності задачі та кількості обчислювальних процесів.

Список використаних джерел

1. Стоян Ю. Г. Размещение источников физических полей / Стоян Ю. Г., Путятин В. П. – Киев : Наук. думка, 1981. – 186 с.
2. Яремчук С. І. Модифікація методу «Р-алгоритм» / С. І. Яремчук, К. О. Скок, В. О. Таценко // Інформатика та системні науки: Матеріали VII Всеукраїнської науково-практичної конференції за міжнародною участю. – Полтава, 2016. – С. 339–342.
3. Яремчук С. И. Модификация метода Ленд и Дойг решения минимаксной задачи размещения источников физического поля / С. И. Яремчук, В. А. Таценко, А. А. Шупиков // Материалы 5-й международной конференции «Математическое моделирование, оптимизация и информационные технологии» (Кишиневу 22–25 марта 2016 г.). – Кишинев. – С. 396–402.

УДК 518.9

STUDY OF COUPLED NON-LINEAR SYSTEMS OF DIFFERENTIAL EQUATIONS LINKED BY NETWORK-ALIKE NEIGHBORHOOD

Lois Facchetti, student

Mines Nancy

lois.facchetti@depinfonancy.net

Alexander Makarenko, Dr., professor

Institute for Applied System Analysis NTUU KPI

makalex51@gmail.com

Complex behavior of coupled ordinary differential equations is considered. The bonds between equations have network structure, including small-world type. Results of numerical experiments are described. Some cases of self-organization patterns are proposed.

Фачетті Л., Макаренко О. Розглянуто складну поведінку зв'язаних звичайних диференціальних рівнянь. Зв'язки між рівнянь мають структуру мережі, в тому числі малого світового типу. Наведено результати обчислювальних експериментів. Запропоновано деякі випадки самоорганізації в моделях.

Keywords: COUPLED EQUATIONS, NETWORKS, 'SMALL WORLD', SELFORGANIZATION, MODELLING.

Ключові слова: ЗВ'ЯЗАНІ РІВНЯННЯ, МЕРЕЖІ, 'МАЛИЙ СВІТ', САМООРГАНІЗАЦІЯ, МОДЕЛЮВАННЯ.

I. Problem

This report studies the behavior of non-linear differential equations linked by network-alike connections. Earlier, these equations have been used to model the defects in a nuclear plant reactor. Before the equations usually had been considered on the lattice. Here we introduce other types of neighborhood, less regular than lattice. We had investigated the network structure impact on the outcomes of the differential equations.

II. General Model

In this section, we present the model of differential equations that we will solve numerically. Our objective is to solve numerically the following equations:

Differential system

$$\begin{aligned}\frac{\partial \varphi_i}{\partial t} &= f_i(\varphi_1, \dots, \varphi_n), i \in \{1, \dots, n\} \\ f_i(\varphi_1, \dots, \varphi_n) &= f(\varphi_i) + \sum_{j \neq i} \omega_{ij} f(\varphi_j) \\ f(u) &= \exp\left(\frac{u}{1 + \alpha u}\right)\end{aligned}$$

where: φ_i values are called the “elements chain”, or “the chain”;

ω_{ij} represents the value at **row** i column j of the Adjacency Matrix (it will be defined later) ; α is a real value that we will fix.

We make an analogy between our model of coupled differential equations and graph theory. First we consider that every function φ_i is represented by a node. We introduce an adjacency matrix M which models these edges between each cells. These edges are undirected. The case where the graph is a ring, with each node linked to its two closer neighbors has already been simulated in scientific literature. cells and 1 by black cells).

In our simulations, we intend to explore other types of networks, i.e. other types of adjacency matrix. It cannot be called a “small world” as the number of nodes composing our network is far too small (around 20 nodes) to be considered as a “large” network.

Initial conditions Initially, each element φ_i of the chain has value: $\varphi_i(t=0) = \sin(a * i)$ if $\sin(a * i) > 0$; 0.01 if $\sin(a * i) \leq 0$.

This function attempts to reach the physical reality of the defects.

III. Numerical experiments

All the simulations were carried out with MATLAB Software.

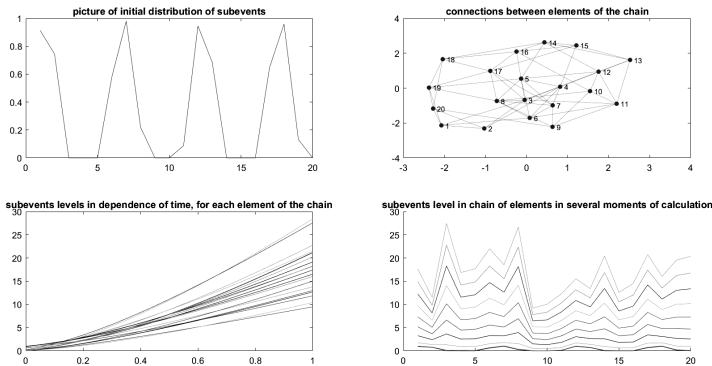
Parameters set *Small-world parameters*: For the experiments, we used $k = 4$, $\beta = 0.2$. *Initial conditions parameters*: For the experiments, we used $a = 20$. Hence, we have:

$$\varphi_i(t=0) = \sin(20i) \text{ if } \sin(20i) > 0; 0.01 \text{ if } \sin(20i) \leq 0$$

α parameter of function f : For the simulation, we used $\alpha = 1$.

Results

Here, we present four different simulations. On each simulation's results there is: in the top-left corner, the initial chain state; in the top-right corner, the network structure; In the bottom-left corner, the evolution of every function φ_i of the chain (represented by a different color) over the time. In the bottom-right corner, the state of the chain at several moments of time.



IV. Conclusions

The simulations led us to general conclusions regarding the usual behavior of the chain. All the chain elements have the same type of behavior, with increasing regular functions tending to affine function when time tends to infinite. These compartments are dependant of the initial conditions, which we fixed positive for every element of the chain. Then, when integrating these positive function over the time, we obtain increasing functions φ_i . Next, a basic study of f function – which tends to a constant value when its argument u tends to infinity – indicate us that the integrated function φ_i will converge towards.

**DETERMINING THE SEISMIC SAFETY ZONE FOR
THE NAKHCHIVAN AUTONOMOUS REPUBLIC**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОНЫ СЕЙСМИЧЕСКОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ НАХИЧЕВАНСКОЙ
АВТОНОМНОЙ РЕСПУБЛИКИ**

G. A. Guluyev, doctor of science, director of laboratory
Institute of control systems NASA

Г. А. Гулуев, д. т. н, зав. лабораторией
Институт систем управления НАНА
scb_06@mail.ru

F. G. Pashayev, PhD
Institute of control systems NASA

Ф. Г. Пашаев, PhD, вед. н. с,
Институт систем управления НАНА
pasha.farhad@gmail.com

M. E. Aliyev, PhD, director of laboratory
University of Nakhchivan

М. Э. Алиев, PhD, зав. лабораторией
Нахичеванский университет,
meftun-aliyev@rambler.ru

J. M. Jafarov, postgraduate
Azerbaijan State University of Economics,
Institute of control systems NASA
cahangirceferov@yahoo.com

Д. М. Джафаров, мастер
Азербайджанский государственный экономический универ-
ситет, Институт систем управления НАНА

In article the importance of determinig seismic safety zone of Nakhchivan Autonomus Republic is motivated. Geographical rectangle vertices has been identified. Formula for calculation of distance between two geographical points has been given. By means of this formula extended borders of Nakchivan Autonomous Republic geograhical rectangle the seismic safety zone has been determined.

В статье обосновано необходимость определение зоны сейсмической безопасности Нахичеванской Автономной республики. Определено координаты вершин Нахичеванской географической прямоугольника. Дано простая формула определение расстоя-

ние между двумя географических точек. С помощью этой формулы расширена границы Нахичеванской географической прямоугольника и определено зона сейсмической безопасности.

Keywords: NAKHCHIVAN GEOGRAPHICAL RECTANGLE, SEISMIC SAFETY ZONE, DISTANCE BETWEEN GEOGRAPHICAL POINTS.

Ключевые слова: НАХИЧЕВАНСКИЙ ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ПРЯМОУГОЛЬНИК, ЗОНА СЕЙСМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ, РАССТОЯНИЕ МЕЖДУ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ТОЧЕК.

1. **Introduction.** Nakhchivan Autonomous Republic is situated in South-West of Azerbaijan between $44^{\circ}45'57,75'' - 46^{\circ}08'34,19''$ longitudes and $38^{\circ}50'14,24'' - 39^{\circ}42'52,49''$ latitudes. Nakhchivan and whole Azerbaijan Republic together with neighborhood territories are seismic active zones. It was revealed by observations that the epicenters of earthquakes have been dispensed unequally whole territory of Azerbaijan [1]. Purpose of the article is determination of seismic safety zone of Nakhchivan Autonomous Republic. To determine the seismic safety zone of Nakhchivan Autonomous Republic the followings should be take into consideration:

Firstly – Earthquakes can cause destructions in much further territories from their epicenters. Van earthquakes in 23.10.2011 has been felt in Nakhchivan autonomous Republic territory [2].

Secondly – Seismoacoustic stations allows to implement monitoring of seismic processes in about 500-700 km radius [3].

If we rate the dimensions of the rectangle by degrees we obtain: $((38,8373^{\circ}, 44,766^{\circ}); (39,715; 46,143))$. Lets name this geographical rectangle Nakhchivan geographical rectangle. Here first point (vertice) is South-West point (vertice), second is North-East point (vertice).

Taking into account the above-mentioned seismic safety zone of the Autonomous Republic we can take 200 km wider than Nakhchivan geographical rectangle at first approach.

It is known that:

$d_n = 111134,866$ m. a degree over meridian,

$d_e = 111319,444$ m. a degree over degree over equator.

Distance between $Q_1(\varphi_1, \lambda_1)$ and $Q_2(\varphi_2, \lambda_2)$ can be calculated as:

$$d = \begin{cases} \Delta\lambda * \cos \varphi_1 d_e; \Delta\varphi = 0 \\ \sum_{i=1}^N \sqrt{\left(\frac{\Delta\varphi d_n}{N}\right)^2 + \left(\frac{\Delta\lambda \cos\left(\varphi_1 + \frac{\Delta\varphi}{N} * i\right)}{N} d_e\right)^2}; \Delta\lambda \neq 0, \Delta\varphi \neq 0 \\ \Delta\varphi * d_n; \Delta\lambda = 0 \end{cases}$$

Here $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$, $\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$ and $N = \left\lceil \frac{\Delta\varphi}{0,001} \right\rceil + 1$.

Thereby, seismic safety zone of Nakhchivan republic can determine as following geographical rectangle:

((37,037682°, 42, 459459°); (41,514618°; 48,478617°)).

By changing the adopted (accepted) 200 km in order to widen borders of Nakhchivan geographical rectangle, the seismic safety zone can be determined in other way.

References

1. http://seismology.az/journal/adminka/filemanager/files/custom_files/articles/2008/2007/2010/2010-26.pdf.
2. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/67/Van_EQ_intensity_USGS.jpg.
3. Aliyev T., Quluyev Q., Pashayev F., Sattarova U. and Rzayeva N. (2016) Intelligent Seismic-Acoustic System for Identifying the Location of the Areas of an Expected Earthquake. Journal of Geoscience and Environment Protection, 4, 147–162.

УДК 004.9

INTEGRATION OF INFORMATION SYSTEMS ON THE BASIS OF ELECTRONIC GOVERNMENT

J. M. Jafarov, postgraduate
Azerbaijan State University of Economics,
Institute of Control Systems NASA
cahangirceferov@yahoo.com

On the basis of E-government conception by integrating the information systems belonging separate state and business organi-

zations, new information services can be established. For instance, “Customs / Domestic production – Trading network – Tax” integration information system. Interested sides (State agencies, business structures and citizens) can be provided by necessary information.

Джафаров Д. М. Интеграция информационных систем на основе электронного правительства. На основании концепции электронного правительства, интегрируя системы, принадлежащие различным государственным и коммерческим организациям, могут быть представлены новые информационные услуги. Например, «Таможня / Внутреннее производство – Торговая сеть – Налоговая». Заинтересованные стороны (Государственные органы, коммерческие структуры и граждане) могут быть обеспечены необходимой информацией.

Keywords: E-GOVERNMENT, GOVERNMENT AGENCIES, ECONOMIC ENTITY, SINGLE WINDOW, TRADE NETWORK, BUSINESS STRUCTURES.

Ключевые слова: ЭЛЕКТРОННОЕ ПРАВИТЕЛЬСТВО, ГОСУДАРСТВЕННЫЕ ОРГАНЫ, ХОЗЯЙСТВУЮЩИЙ СУБЪЕКТ, ОДНО ОКНО, ТОРГОВАЯ СЕТЬ, КОММЕРЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ.

In accordance with organizing efficient activities of economic entities and corporations establishment of different scaled information systems is required. The information infrastructure of these systems is arranged on the bases of *E-government* conception.

Mutual electronic communications with government authorities to establish relations between economic entities and citizens is the most important and one of the priorities of the modern information society. These relationships are manifested in mutual public relations as “government to government”, “government to citizen», «government to business”, “business to business”, “government to citizen” and “business to citizen”.

E-government is state management system based upon electronic means of information processing, storage and circulation. The main purpose of its creation is to simplify the procedures of presentation of all kinds information services to citizens, enterprises and organizations and shortening the duration of service and increase in quality, decreasing administrative costs, transparency about the public authorities activities.

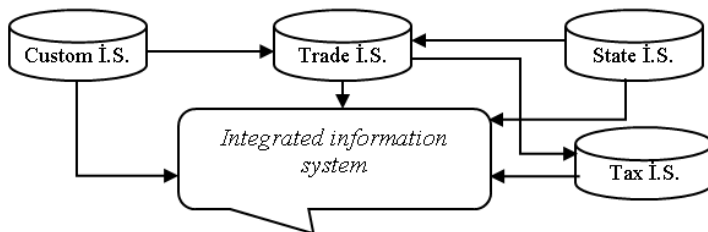
E-government allows to present the necessary information services to the users through Web portal principle. Web portal technologies foundations is based on information and telecommunications infrastructure which provides creation of public relations' standard procedures of interaction between individuals, and economic entities with state agencies, by using same technologies of electronic signature keys and information security, regardless of the geographical location of members.

In order to present *E-government* services through telecommunication networks vertical (according to fields) and horizontal (general purpose) Web-portals are used. *E-government* system portal is considered as visual embodiment of the idea which allows introduction of state agencies' all spectral information services by means of single window. Documents without private status are provided for publication. Contents are composed of different thematic blocks such as education, health, family, authority, citizens, business and etc. and their urgencies are ensured. Users have the opportunities to find the answers to the questions that are interest to them and factographic information through *E-government* single portal *E-government* eliminates information and geographical inequalities among country citizens. By means of modern telecommunications terminals every users applies to state agencies at any time regardless of locations.

In order to implement the *E-government* with full functionality one of the important conditions is establishing national info-telecommunication infrastructure that allows creating connection with state agencies that have Web-portal system technological bases and any kinds of subscribers (citizens, enterprises and organizations) in single network.

On the basis of *E-government* conception by integrating the systems belonging separate state and business organizations new information services can be established. For instance,

Based on movement information in accordance with “*Customs / Domestic production – Trading network – Tax*” system, interested sides can be provided by necessary information (pic.)



Pic. Integration scheme of systems' information

Over existing information infrastructure this proposed system has the following categorical users can benefit:

- 1) State agencies- belonging to their fields to access information for making necessary decision
- 2) Business structures – to access necessary information in order to start business activities, plan, forecast and marketing research
- 3) Citizens – provides information about product quantity, quality indicators (specifications), the possibilities of obtaining, geographical parameters and routes of selling points.

References

1. United Nations. E-Government SURVEY 2014, E-Government for the future we want, <http://www.unpan3.un.org>.
2. The Global Information Technology Report 2009–2010, <http://www.weforum.org>.

UDK 004.5

CONSTRUCTION OF EDUCATIONAL SITE «SYSTEM ANALYSIS AND THE THEORY OF DECISION MAKING»

Odimegwu Remy, master majoring in «Social Informatics»
Poltava University of Economics and Trade

Keywords: WORDPRESS, HTML, PHP, SYSTEM APPROACH, DECISION MAKING, SITE, SYSTEM ANALYSIS.

Problem Statement: The development of a computer-based information system includes a systems analysis phase. This helps produce the data model, a precursor to creating or enhancing a database. Definition of a goal or set goals. Identification of

alternative ways of goal achievement, Distance learning or electronic learning is essential nowadays and electronic manuals are tools for distant learning. Therefore the reason for creating electronic educational manual in systems analysis and decision making theory. Creating of a site that is readily accessible to users and using the WordPress as the platform. The site must consist of the homepage, which lay out the general view of what the site is talking about. The site must contain pages where all educational information is embedded. Importantly also the practical works relating to the site creation should be made visible in the pages referring to lectures. In the creation of the site the WordPress was the platform for the creation and this allows user to make modifications at will. The PHP and Java language should be incorporated and plug-ins which will enable the proper functioning of the site must be used. Plug-ins that allow for the use of social networks like facebook, twitter, g+, etc. should be used. Forums should be created which will allow users to make contributions and leave comments.

Analysis of the main researches and published works: Consulting different online educational portals it is clear that educational portals can be very effective in the studying process. Different timeline, study schedules. Subjects and courses can be taken when one deems necessary and when one feels possible to take them. This system is mostly effective for individuals with very hectic schedules with their jobs or other things, avoiding the issue of environmental challenges and integration also reducing the cost of study. Some of the challenges faced by the educational portals is that for the fact that students are not on site on campuses, it does not provide the social and cultural integration of students because students need to be physically present in a particular environment to be able to achieve this.

Formulation of the Purpose: The purpose of this outline is to show how educational internet portal was created and its use as a tool of learning in system analysis and the theory of decision making. To show steps in the creation of the educational portal. Using different learning tools and materials (lectures) and practical application in creating the educational site.

Presentation of the main material of the research: Using the Wordpress application, we created an educational site to reflect the system analysis and the theory of decision making. As a result

themes chosen are related and could point in the direction of the project work. WordPress Themes are files that work together to create the design and functionality of a WordPress site. After that on the homepage of the WordPress website the plug-in can be found, clicking on it will open a three menu “the installed plug-in”, “add new” and “the editor”. On clicking on “the add new” you can add new plug-in that are desired to the website.

To add the material to the website (lectures) it is necessary to click on page and it will display two icons “the all page” and “the add page”. On clicking on “the add page” a new window page will be displayed and a title space is provided where it is necessary to write the title of the page. To add the materials to the site it is needed to copy and paste them on the new page.

After the above-mentioned steps to publish the page, “publish” button must be pressed and the page is automatically added and can be viewed. The same process is repeated until all the required pages are added.

Conclusion: The decision analysis field has often encountered difficulties in transforming theoretical ideas into practical decision support tools. However, the decision support systems developed in the laboratory have also been widely and successfully used, for example, in real life environmental problem solving. As a result of the masters project the educational site “systems analysis and the theory of decision making” was created. We can apply combinatorial precision on our field of study with the use of website created. It showed how we can apply the theoretical elements to practice on our studies even when we are not physically present within the four walls of the learning institution.

References

1. System Analysis Laboratory. – Access node:
<http://sal.aalto.fi/en/research/decisions/>.
2. Wikipedia. System Analysis. – Access node:
https://en.wikipedia.org/wiki/Systems_analysis.
3. Science Direct. – Access node:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0066413885900>.
4. Topics in applied Maths. – Access node:
<http://www.math.utah.edu/~cherk/teach/opt/course.html>.

ON THE $M/M/2/\infty$ RETRIAL QUEUE WITH LIMITED NUMBER OF RETRIALS

O. V. Pryshchepa

National University of Water and Environmental Engineering

o.v.pryshchepa@nuwm.edu.ua

In this paper retrial queue of the $M/M/2/\infty$ – type in which the rate of input flow depends on the number of sources of retrial calls and in which the number of retrials of each customer is limited by a single attempt is considered.

Keywords: RETRIAL QUEUE, STATIONARY PROBABILITIES, CONTINUED FRACTIONS.

The main characteristic of retrial queue is that a primary customer who finds busy the service facility upon arrival moment immediately leaves the servers area, but some time later he repeats his demand (see, for example, [1], [2]). Between retrials he is said to be in 'orbit'. Such queueing system with repeated attempts is used in designing local area networks, communication networks.

In this work we consider retrial queue of the $M/M/2/\infty$ – type in which the number of retrials of each customer is limited by a single attempt. That is, if a customer fails to enter the server facility at the retrial attempt, then the customer leaves the system without service.

A retrial queue with two servers is given by three parameters: λ_j , $j = 0, 1, \dots$ is the rate of input flow depends on the number of sources for repeated attempt, μ is the service rate and ν is the rate of repeated attempt.

The system state at time t can be described by means of a process $Q(t) = (Q_0(t), Q_1(t))$, where $Q_0(t)$ is the number of busy servers at time t , $Q_1(t)$ is the number of sources for repeated attempt at time t . The process $Q(t)$ is a continuous time Markov chain with the state set $S = \{0, 1, 2\} \times Z_+$.

For the system condition in which a stationary regime exists is found. Moreover, for calculation of the stationary probabilities effective scheme with use of the continued fractions is proposed.

Theorem 1. If the condition $\overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} n^{-1} \lambda_n < \nu$ holds then stationary probabilities $\pi_{ij}, (i, j) \in S$ of the process $Q(t)$ can be represented in the following form:

$$\pi_{0j} = \left(\prod_{k=0}^{j-1} x_k \right) \pi_{00}, \quad \pi_{1j} = \frac{\lambda_j + j\nu}{\mu} \left(\prod_{k=0}^{j-1} x_k \right) \pi_{00}, \quad j = 0, 1, \dots,$$

$$\pi_{2j} = \frac{1}{2\mu^2} \left((\lambda_j + j\nu)^2 + j\nu\mu - (j+1)\nu\mu x_j \right) \left(\prod_{k=0}^{j-1} x_k \right) \pi_{00}, \quad j = 0, 1, \dots,$$

where

$$(\pi_{00})^{-1} = \frac{1}{2\mu^2} \left(\sum_{j=0}^{\infty} \left((\lambda_j + \mu + j\nu)^2 + \mu(\mu + j\nu - (j+1)\nu x_j) \right) \left(\prod_{k=0}^{j-1} x_k \right) \right)$$

$$x_j = \left[0, \frac{\gamma_{j+1}}{\beta_{j+1}}, \frac{\gamma_{j+2}}{\beta_{j+2}}, \dots \right], \quad j = 0, 1, \dots,$$

$$\gamma_j = -\frac{\lambda_{j-1} \left((\lambda_{j-1} + (j-1)\nu)^2 + (j-1)\nu\mu \right)}{j(j+1)\nu^2\mu}, \quad j = 1, 2, \dots,$$

$$\beta_j = -\frac{j\nu \left((\lambda_j + \mu + j\nu)^2 + \mu(\lambda_{j-1} + \mu + j\nu) \right)}{j(j+1)\nu^2\mu}, \quad j = 1, 2, \dots$$

In this work we also consider optimization problem for finding optimal strategy of control of the rate of input flow for system with limited number of retrials.

References

1. Artalejo J. R. Retrial Queueing Systems A Computational Approach / J. R. Artalejo, A. Gomez-Corral – Springer, 2008. – 317 p.
2. Falin G. I. Retrial Queues/ G. I. Falin, J. G. C. Templeton – London : Chapman and Hall, 1997. – 328 p.

CREATION OF EDUCATIONAL SITE «EDUCATIONAL WEB RESOURCE «INFORMATIONAL SYSTEM»

Shour Yusuf Kamal, master majoring in «Social Informatics»;
Olhovskiy Dmitriy, associated professor – scientific supervisor
Poltava University of Economics and Trade

Keywords: WORDPRESS, PHP, HTML, EDUCATIONAL SITE,
WEB RESOURCE, INFORMATIONAL SYSTEM.

Problem Statement: The transfer of data and information using a computer network is very fast and deficient. Workgroup computing has played an important role in research and development In the world. The information network uses two important technologies. These are computing and telecommunications. Telecommunication is a process of transferring information over a distance through radio waves and optical signals etc. the computers in a network are connected with one another through cables, satellite or phone lines. Therefore the reason for creating educational web recourse informational system. Creating of a site that is readily accessible to users and using the WordPress as the platform. Moving around in the site has to be simplified to enable users find and use site effectively. Not complex programming language and backgrounds should be used. Pages must be systematically arranged. So information required by users is accessible without many difficulties. The site must consist of the homepage, which lay out the general view of what the site is talking about. The site must contain pages where all educational information is embedded. Importantly also the practical works relating to the site creation should be made visible in the pages referring to lectures. In the creation of the site the WordPress was the platform for the creation and this allows user to make modifications at will. The PHP and Java language should be incorporated and plug-ins which will enable the proper functioning of the site must be used. Plug-ins that allow for the use of social networks like Facebook, twitter, g+, etc. should be used. Forums should be created which will allow users to make contributions and leave comments.

Analysis of the main researches and published works:

Researchers today are faced with increasing pressure to get published. Academic departments are expected to meet specific levels of publication output. Clearly, there is a lot at stake in the assessment of research quality for both individuals and institutions.

Given this, governments, funding agencies, and tenure and promotion committees are looking toward simple and objective methods to assess increasing research volumes in the least possible time. To this end, they are turning more and more to citation analysis for objective parameters of impact assessment.

Given the shift to online interfaces by more and more system education and repositories, digital information is now available at a few clicks. With the advent of linking tools and digital archives of research papers, scientific literature is more easily retrievable than ever before. Therefore, it is only to be expected that the population of researchers turning to citation data will continue to grow by the use of system.

Formulation of the Purpose: The purpose of the article is to show how educational internet portal was created and its use as a tool of learning in system analysis and the theory of decision making. To show steps in the creation of the educational portal. Using different learning tools and materials (lectures) and practical application in creating the educational site. Increasing the knowledge of website creation and understanding its functions as a tool for learning. Showing the problems or rather the challenges that were encountered during the creation of this educational site. Avoiding the problems of finance, culture and environmental differences. Showing the ease and comfort of using the educational site for people of all walks of life.

Presentation of the main material of the research: Using the Wordpress application, we created an educational site to reflect educational web resource information system. Using the Wordpress application, we created an educational site to reflect the system analysis and the theory of decision making. As a result themes chosen are related and could point in the direction of the project work. WordPress Themes are files that work together to create the design and functionality of a WordPress site. Each Theme may be different, offering many choices for site owners to instantly change their website look. After that on the homepage of the WordPress website the plug-in can be found, clicking on it will open a three menu “the installed plug-in”, “add new” and “the editor”. On clicking on “the add new” you can add new plug-in that are desired to the website.

To add the material to the website (lectures) it is necessary to click on page and it will display two icons “the all page” and “the add page”. On clicking on “the add page” a new window page will

be displayed and a title space is provided where it is necessary to write the title of the page. To add the materials to the site it is needed to copy and paste them on the new page.

After the above-mentioned steps to publish the page, “publish” button must be pressed and the page is automatically added and can be viewed. The same process is repeated until all the required pages are added.

Conclusion: We can all agree, I think, that objects testify to the exciting possibilities inherent in the study of material culture. Increasingly, scholars are becoming more aware and attuned to the significance of things, whether human-made or natural, and their ability to ‘speak’ to us and address audiences. In addition to possessing life cycles and telling stories, objects speak to us a great deal about the people who make, use, own and display them.

We would like you to think about material objects as a new and exciting way of accessing knowledge about both the past and the present, and within a variety of academic disciplines.

Finally, I feel that we cannot generalize about children or adults being better learners. It depends on the situation and the motivation of the person, and the level of enthusiasm he or she has for learning.

References

1. <http://ceur-ws.org/Vol-1155/paper-06.pdf>.
2. <http://library.uic.edu/accounts>.
3. www.editage.com/insights/using-citation-analysis-to-measure-research-impact.
4. www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0066413885900.

ДО 60-ЛІТТЯ З ДНЯ НАРОДЖЕННЯ ЄМЦЯ О. О.

Ємець Олег Олексійович – знаний український педагог і вчений в галузі оптимізації, економіко-математичного моделювання та інформаційних технологій. Народився в Полтаві 15 березня 1957 р.



У 1979 році з відзнакою закінчив Харківський інститут радіоелектроніки ім. М. К. Янгеля, за спеціальністю «Прикладна математика» з присвоєнням кваліфікації – інженер-математик, в 1982 р. – аспірантуру, а в 1993 р. – докторантуру цього навчального закладу.

У 2002 р. закінчив Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка за спеціальністю «Економіка підприємства» (спеціалізація правове регулювання економіки підприємства) та здобув кваліфікацію економіст-правознавець, у 2013 р. закінчив МППК ВНЗ Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі» за спеціальністю «Менеджмент організацій і адміністрування» та здобув кваліфікацію спеціаліста з менеджменту організацій і адміністрування.

В 1986 році захистив дисертацію на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю «Математична кібернетика» в спеціалізованій раді Обчислювального центру АН СРСР.

В 1997 році захистив дисертацію доктора фізико-математичних наук за спеціальністю «Теоретичні основи інформатики та кібернетики» в спеціалізованій вченій раді Інституту кібернетики ім. В. М. Глушкова НАН України. Керівником по обом роботам є чл.-кор. НАНУ Ю. Г. Стоян.

З 1990 року має вчене звання доцента, а з 1998 року – професора.

З березня 2004 року по цей час О. О. Ємець працює в Полтавському університеті споживчої кооперації України (який зараз називається Полтавським університетом економіки і торгівлі (ПУЕТ)). Спершу – на посаді професора, а зі створенням 21 травня 2004 р. нової кафедри як завідувач очолює кафедру математичного моделювання та соціальної інформатики (ММСІ). До цього (1983–2004 рр.) працював в Полтавському національному технічному університеті ім. Юрія Кондратюка асистентом, старшим викладачем, завідувачем кафедри вищої математики, а потім (з 1998 р.) – новоствореної кафедри прикладної математики, інформатики та математичного моделювання.

О. О. Ємцю притаманні цілеспрямованість, професіоналізм, відповідальність. Він є провідником нових методів і підходів в навчанні та вихованні студентів, талановитим керівником, педагогом і науковцем.

Олег Олексійович є автором 60 науково-методичних публікацій, в т. ч. 3-х навчальних посібників з грифом МОН, 12-ти монографій, в т. ч. 5-ти в «Науковій думці». Він має понад 600 наукових праць (понад 200 – у фахових виданнях), з них 55 статей проіндексовано в наукометричній базі «Скопус» (h-індекс 4), більше 50 робіт – на англійській мові. За Академією Гугл індекс цитування – понад 1300, а індекс Гірша – 18.

Під керівництвом професора Ємця О.О. в ПУЕТ проведена велика робота з формування кадрового потенціалу випускової кафедри ММСІ з підготовки фахівців з «Інформатики», «Соціальної інформатики», а також «Комп'ютерних наук та інформаційні технології». За його безпосередньої роботи відкрито, ліцензовано та акредитовано напрям підготовки «Інформатика» («бакалавр»), спеціальність «Соціальна інформатика» («Спеціаліст», «Магістр»), спеціальність «Комп'ютерні науки та інформаційні технології» («бакалавр», «магістр»). Професорсько-викладацький склад очолюваної ним кафедри ММСІ активно запроваджує в навчальний процес інноваційні інформаційні технології та ресурси, модульно-рейтингову систему навчання студентів.

Ємець О. О. очолює наукову школу «Евклідова комбінаторна оптимізація» кафедри математичного моделювання та соціальної інформатики Полтавського університету економіки і торгівлі. Керував науково-дослідними темами, зокрема: «Розвиток

теорії методів комбінаторної оптимізації», «Теорія і методи комбінаторної оптимізації для нечітких множин», «Системний аналіз та моделювання еколого-економічних систем». В 2004 році під його керівництвом в університеті відкрита аспірантура за спеціальністю «Теоретичні основи інформатики і кібернетики», з 2016 р. за спеціальністю «Прикладна математика» (спеціалізація «Теоретичні основи інформатики та кібернетики»). Підготував 13 кандидатів фізико-математичних наук за спеціальностями «теоретичні основи інформатики та кібернетики» і «математичне моделювання та обчислювальні методи», здійснює наукове керівництво 5 аспірантами, в т. ч. іноземними.

Ємець О. О. – був членом спеціалізованих вчених рад по захистам кандидатських дисертацій в Харківському національному університеті радіоелектроніки, Дніпропетровському національному університеті ім. О. Гончара. Зараз він є членом спеціалізованих вчених рад: К 17.051.06 при Запорізькому національному університеті та Д 44.877.02 при Полтавському університету економіки і торгівлі. Ємець О. О. є членом Вченої ради, Науково-методичної ради університету, головою навчально-методичної групи зі спеціальностей «Комп’ютерні науки та інформаційні технології», «Інформатика», головою комітету з оптимізації Української федерації інформатики. Більше двох років був членом експертної ради при Державній акредитаційній комісії МОН.

Був активним учасником народного фольклорного співочого ансамблю університету «Яворина» (2005–2012 рр), разом з яким став лауреатом літературно-мистецької премії ім. Дмитра Луценка «Осіннє золото» (2007 р.) та виборів Гран-при на Міжнародному фольклорному фестивалі у Польщі.

Олег Олексійович має чисельні відзнаки за його роботу і досягнення, зокрема такі: Почесна грамота Полтавської міської ради (1994 р.), Почесна грамота Міністерства освіти України (1999 р.), Почесна грамота Жовтневої районної ради м. Полтави (2000 р.), Подяка міського голови м. Полтави (2002 р.), Почесна грамота Міністерства освіти і науки України (2005 р.), Грамота управління освіти Полтавської обласної державної адміністрації (2007 р.), Нагрудний знак «Відмінник освіти України» (2009 р.), Подяка прем’єр-міністра України (2011 р.), Подяка управління освіти виконавчого комітету Полтавської міської ради (2015 р.).

О. О. Ємець в колективі зі вченими Інституту кібернетики НАНУ, Київського національного університету ім. Т. Шевченка, Національного технічного університету України «КПІ», Української інженерно-педагогічної академії одержав в 2009 р. державну премію України в галузі науки и техніки за цикл робіт «Розробка нових математичних моделей, методів та інформаційних технологій розв’язування задач оптимізації, обробки та захисту інформації».

Олег Олексійович – ініціатор та член програмних і організаційних комітетів проведених на базі ПУЕТ восьми Всеукраїнських науково-практичних конференцій з міжнародною участю «Інформатика та системні науки» (2010–2017 рр.) та трьох Всеукраїнських наукових семінарів «Комбінаторна оптимізація та нечіткі множини» (2011–2013 рр.).

Колеги щиро вітають Олега Олексійовича Ємця з ювілеєм та бажають ювіляру міцного здоров’я та подальших творчих успіхів.

Шановний Олег Олексійович!

*Від колективу Інституту кібернетики імені В. М. Глушкова
Національної академії наук України
прийміть теплі та сердечні вітання
з нагоди 60-річчя від дня народження!*

Ваш творчий шлях від інженера до завідуючого кафедрою
Полтавського університету економіки і торгівлі, професора,
лауреата Державної премії в галузі науки і техніки є прикладом
творчого становлення особистості та відданого служіння протягом
майже сорока років обраній меті.

Ми добре знаємо та високо цінуємо Вас, як одного з
авторитетних вчених в галузі дискретної математики, інформатики
та економіко-математичного моделювання. Загальновідомі Ваші
досягнення у вихованні обдарованої наукової молоді. Ваші численні
учні з успіхом працюють у багатьох наукових організаціях та
державних установах.

Свій ювілей Ви зустрічаєте у розквіті творчих сил, сповнені
новими науковими ідеями і задумами. Бажаємо Вам,
Олег Олексійович, міцного здоров'я, сімейного благополуччя,
здійснення усіх Ваших ідей та задумів, нових наукових звершень!

Директор
академік НАН України



[Signature] /І.В. Сергієнко/

Члени програмного
комітету ІСН-2017

[Signature]
[Signature]

/В.К. Задірака/

[Signature]

/О.М. Хіміч/

/Г.П. Донець/

[Signature]

/П.І. Стецюк/

ІНФОРМАЦІЯ ПРО КОНФЕРЕНЦІЮ

Конференція проводиться під егідою:

- Міністерства освіти і науки України;
- Національної академії наук України;
- Центральної спілки споживчих товариств України;
- Української Федерації Інформатики.

Співорганізатори конференції:

- Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України;
- Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі»;
- Київський національний університет ім. Тараса Шевченка;
- Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»;
- Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка;
- Українська інженерно-педагогічна академія;
- Харківський національний університет радіоелектроніки.

На конференцію представлено 93 доповіді.

Серед учасників 29 докторів наук, з яких 3 академіка НАН України та Азербайджану І. В. Сергієнко, Т. А. Алієв, В. К. Задірака, чл.-кор. НАН України О. М. Хіміч, а також 42 кандидата наук, 3 Ph. D.

Серед учасників 19 аспірантів, 29 студентів, в тому числі студенти-іноземці з Азербайджану та Нігерії, що навчаються на спеціальності «Соціальна інформатика» в Полтавському університеті економіки і торгівлі.

Усього в конференції взяло участь близько 130 учасників з 22 міст Азербайджану, Узбекистану, України та Франції з таких організацій:

- Азербайджанський державний економічний університет (м. Баку, Азербайджан);
- Бердянський державний педагогічний університет;
- Вінницький соціально-економічний інститут Університету «Україна»;
- Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі»;

- Головне управління Національної поліції в Харківській області;
- Державний науково-дослідний інститут інформатизації та моделювання економіки Міністерства економічного розвитку і торгівлі України (м. Київ);
- Донбаська державна машинобудівна академія (м. Краматорськ);
- Донецький національний університет імені Василя Стуса (м. Вінниця);
- Житомирський державний технологічний університет;
- Запорізький національний технічний університет;
- Запорізький національний університет;
- Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України (м. Київ);
- Інститут прикладного системного аналізу НТУУ «Київський політехнічний інститут»;
- Інститут проблем машинобудування імені А. М. Підгорного НАН України (м. Харків);
- Інститут систем керування НАН Азербайджану (м. Баку, Азербайджан);
- Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка;
- Київський національний економічний університет імені В. Гетьмана;
- Київський національний університет імені Тараса Шевченка;
- Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського;
- Луганський національний університет імені Тараса Шевченка (м. Старобільськ);
- Львівський національний університет імені Івана Франка;
- Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій та систем НАН та МОН України (м. Київ);
- Наманганський державний університет (м. Наманган, Узбекистан);
- Нахічеванський державний університет (м. Нахічевань, Азербайджан);

- Нахічеванський університет (м. Нахічевань, Азербайджан);
- Національний аерокосмічний університет імені М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»;
- Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;
- Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»;
- Національний університет «Львівська політехніка»;
- Національний університет водного господарства та природокористування (м. Рівне);
- Одеська державна академія технічного регулювання та якості;
- Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка;
- Полтавський обласний інститут післядипломної педагогічної освіти імені М. В. Остроградського;
- Придніпровська державна академія будівництва та архітектури (м. Дніпро);
- Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника (м. Івано-Франківськ);
- Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки (м. Луцьк);
- Ужгородський національний університет;
- Українська інженерно-педагогічна академія (м. Харків);
- Український державний хіміко-технологічний університет (м. Дніпро);
- Фізико-механічний інститут імені Г. В. Карпенка НАН України (м. Львів);
- Харківський національний економічний університет імені С. Кузнеця;
- Харківський національний університет внутрішніх справ;
- Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова;
- Харківський національний університет радіоелектроніки;
- Mines Nancy (м. Нансі, Франція).

Конференція працювала за такими напрямками:

1. Теоретичні основи інформатики і кібернетики.
2. Математичне моделювання і обчислювальні методи.
3. Математичне та програмне забезпечення обчислювальних машин і систем.
4. Системний аналіз і теорія оптимальних рішень.
5. Інформатизація та кооперація.
6. Сучасна проблематика підготовки фахівців з комп'ютерних наук та інформаційних технологій, прикладної математики, системного аналізу.

Конференція є щорічною.

Наші контакти

Тел. +38 (0532) 509-204.

*E-mail: contacts@informatics.org.ua, yemetsli@mail.ru,
yemets2008@ukr.net.*

*Сайти: www.informatics.org.ua, www.puet.edu.ua,
www.matmodel.uccu.org.ua.*

Поштова адреса: 36014, м. Полтава, вул. Ковалю, 3, Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі», кафедра математичного моделювання та соціальної інформатики.

ИНФОРМАЦИЯ О КОНФЕРЕНЦИИ

Конференция проводится под эгидой:

- Министерства образования и науки Украины;
- Национальной академии наук Украины;
- Центрального союза потребительских обществ Украины;
- Украинской Федерации Информатики.

Соорганизаторы конференции:

- Институт кибернетики имени В. М. Глушкова НАН Украины;
- Высшее учебное заведение Укоопсоюза «Полтавский университет экономики и торговли»;
- Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко;
- Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»;
- Полтавский национальный педагогический университет имени В. Г. Короленко;
- Украинская инженерно-педагогическая академия;
- Харьковский национальный университет радиоэлектроники.

На конференцию представлено 93 доклада.

Среди участников 29 докторов наук, из которых 3 академика НАН Украины и Азербайджана И. В. Сергиенко, Т. А. Алиев, В. К. Задирака, чл.-кор. НАН Украины А. Н. Химич, а также 42 кандидата наук, 3 Ph. D.

Среди участников 19 аспирантов, 29 студентов, в том числе студенты-иностранцы из Азербайджана и Нигерии, которые учатся на специальности «Социальная информатика» в Полтавском университете экономики и торговли.

Всего в конференции приняло участие около 130 участников из 22 городов Азербайджана, Узбекистана, Украины и Франции из таких организаций:

- Азербайджанский государственный экономический университет (г. Баку, Азербайджан);
- Бердянский государственный педагогический университет;

- Винницкий социально-экономический институт Университета «Украина»;
- Восточноевропейский национальный университет имени Леси Украинки (г. Луцк);
- Высшее учебное заведение Укоопсоюза «Полтавский университет экономики и торговли»;
- Главное управление Национальной полиции в Харьковской области;
- Государственный научно-исследовательский институт информатизации и моделирования экономики Министерства экономического развития и торговли Украины (г. Киев);
- Донбасская государственная машиностроительная академия (г. Краматорск);
- Донецкий национальный университет имени В. Стуса (г. Винница);
- Житомирский государственный технологический университет;
- Запорожский национальный технический университет;
- Запорожский национальный университет;
- Институт кибернетики имени В. М. Глушкова НАН Украины (г. Киев);
- Институт прикладного системного анализа НТУУ «Киевский политехнический институт»;
- Институт проблем машиностроения имени А. Н. Подгорного НАН Украины (г. Харьков);
- Институт систем управления НАН Азербайджана (г. Баку, Азербайджан);
- Каменец-Подольский национальный университет имени И. Огиенко;
- Киевский национальный экономический университет имени В. Гетьмана;
- Киевский национальный университет имени Т. Шевченко;
- Кременчугский национальный университет имени М. Остроградского;
- Луганский национальный университет имени Тараса Шевченко (г. Старобельск)
- Львовский национальный университет имени И. Франко;

- Международный научно-учебный центр информационных технологий и систем НАН и МОН Украины (г. Киев);
- Наманганский государственный университет (г. Наманган, Узбекистан);
- Нахичеванский государственный университет (г. Нахичевань, Азербайджан);
- Нахичеванский университет (г. Нахичевань, Азербайджан);
- Национальный аэрокосмический университет имени Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт»;
- Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»;
- Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»;
- Национальный университет «Львовская политехника»;
- Национальный университет водного хозяйства и природопользования (г. Ровно);
- Одесская государственная академия технического регулирования и качества;
- Полтавский национальный педагогический университет имени В. Г. Короленко;
- Полтавский областной институт последипломного педагогического образования имени М. В. Остроградского;
- Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры (г. Днепр);
- Прикарпатский национальный университет имени В. Стефаника (г. Ивано-Франковск);
- Ужгородский национальный университет;
- Украинская инженерно-педагогическая академия (г. Харьков);
- Украинский государственный химико-технологический университет (г. Днепр);
- Физико-механический институт имени Г. В. Карпенко НАН Украины (г. Львов);
- Харьковский национальный университет внутренних дел;
- Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А. Н. Бекетова;

- Харьковский национальный университет радиоэлектроники;
- Харьковский национальный экономический университет имени С. Кузнеца;
- Mines Nancy (г. Нанси, Франция).

Конференция работала по таким направлениям:

1. Теоретические основы информатики и кибернетики.
2. Математическое моделирование и вычислительные методы.
3. Математическое и программное обеспечение вычислительных машин и систем.
4. Системный анализ и теория оптимальных решений.
5. Информатизация и кооперация.
6. Современная проблематика подготовки специалистов по компьютерным наукам и информационным технологиям, прикладной математики, системного анализа.

Конференция ежегодная.

Наши контакты

Тел. +38 (0532) 509-204.

E-mail: contacts@informatics.org.ua, yemetsli@mail.ru,
yemets2008@ukr.net.

Сайты: www.informatics.org.ua, www.puet.edu.ua,
www.matmodel.uccu.org.ua.

Почтовый адрес: 36014, г. Полтава, ул. Ковалю, 3, Высшее учебное заведение Укоопсоюза «Полтавский университет экономики и торговли», кафедра математического моделирования и социальной информатики.

CONFERENCE INFORMATION

The conference is held under the auspices of:

- Ministry of Education and Science of Ukraine;
- National Academy of Sciences of Ukraine;
- Central Society of Consumer Cooperatives in Ukraine;
- Ukrainian Federation of Informatics.

Co-organizers of the conference:

- V. M. Glushkov Institute of Cybernetics of National Academy of Sciences of Ukraine;
- Poltava University of Economics and Trade;
- Taras Shevchenko National University of Kyiv;
- National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»;
- Poltava V.G. Korolenko National Pedagogical University;
- Ukrainian Engineering Pedagogical Academy;
- Kharkiv National University of Radioelectronics.

93 papers are presented at the conference.

Among participants there are 29 doctors, including 3 academicians of NAS of Ukraine and Azerbaijan I. V. Sergienko, T. A. Aliyev, V. K. Zadiraka, the corresponding member of NAS A. N. Khimich and 45 Ph.D.

Among participants there are 19 post-graduate students, 29 students, including students from Azerbaijan and Nigeria who major in “Social Informatics” at Poltava University of Economics and Trade.

About 130 participants from 22 cities of Azerbaijan, Ukraine, Uzbekistan and France from 46 organizations took part in the conference.

Conference worked on the following areas:

1. Theoretical bases of informatics and cybernetics.
2. Mathematical simulation and computational approaches.
3. Mathematical support and software of computers and computer systems.
4. System analysis and the theory of optimal solutions.
5. Informatization and co-operation.

6. Modern problems of preparation of specialists on computer sciences and information technologies, applied mathematics, the analysis of the systems.

The conference is annual.

Our contacts

Phone. +38 (0532) 509-204.

E-mail: contacts@informatics.org.ua, yemetsli@mail.ru,
yemets2008@ukr.net.

Web-sites: www.informatics.org.ua, www.puet.edu.ua,
www.matmodel.uccu.org.ua.

Mailing address: The Department of Mathematical Simulation and Social Informatics, Poltava University of Economics and Trade; Kovalya Street 3, Poltava, Ukraine, 36014.

Наукове видання

ІНФОРМАТИКА ТА СИСТЕМНІ НАУКИ (ІСН – 2017)

МАТЕРІАЛИ

VIII Всеукраїнської науково-практичної
конференції за міжнародною участю

(м. Полтава, 16–18 березня 2017 року)

Головний редактор *М. П. Гречук*
Комп'ютерне верстання *О. С. Корніліч*

Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 19,4.
Тираж 23 пр. Зам. № 062/874.

Видавець і виготовлювач
Вищий навчальний заклад Укоопспілки
«Полтавський університет економіки і торгівлі»,
к. 115, вул. Коваля, 3, м. Полтава, 36014; ☎(0532) 50-24-81

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців, виготівників і
розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 3827 від 08.07.2010 р.